

# Käärintämuovikalvon kierrätys maataloudessa

Helsingin yliopisto  
Maatalous-metsätieteellinen  
tiedekunta

Agroteknologia  
Pro gradu -tutkielma  
Maataloustieteiden osasto  
Maaliskuu 2020  
Viljami Lahtinen

Ohjaajat: Laura Alakukku  
ja Hannu Mikkola



Tiedekunta - Fakultet - Faculty <b>Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta</b>		Laitos - Institution - Department <b>Maataloustieteiden osasto</b>	
Tekijä - Författare - Author <b>Viljami Lahtinen</b>			
Työn nimi - Arbetets titel - Title <b>Käärintämuovikalvon kierrätys maataloudessa</b>			
Oppiaine - Läroämne - Subject <b>Agroteknologia</b>			
Työn laji/ Ohjaaja - Arbetets art/Handledare - Level/Instructor <b>Maisterintutkielma</b>		Aika - Datum - Month and year <b>3/2020</b>	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages <b>52.</b>
<p>Tiivistelmä - Referat - Abstract</p> <p>Suomen maataloilla syntyy vuodessa 3500 – 6000 tn käärintäkalvomuovijätettä. Euroopan unioni on laatinut tiukat kierrätystavoitteet muovijätteelle, mikä koskee myös hankalasti kierrätettäviä maatalouden kalvomuoveja.</p> <p>Muovia voidaan kierrättää mekaanisesti ja kemiallisesti. Euroopan unioni hyväksyy kierrätykseksi ainoastaan mekaanisen kierrätyksen, joka ei sovellu yhdistelmämuovien ja likaisten jätemuovien kierrättämiseen. Mekaaninen muovin kierrätys on kehittynyt Suomessa Riihimäen kierrätyslaitoksen avauduttua kesällä 2016. Suomi on kehittänyt kemiallisen kierrätyksen teknologiaa ja konseptia kansallisella hanketuella vaikeasti kierrätettävien muovilaatujen kierrätykseen.</p> <p>Tässä tutkimuksessa selvitettiin verkkokyselyn avulla paalimuovijätteen kierrätyksen ja varastoinnin tilaa Suomessa. Kyselyyn vastasi 191 henkilöä, jotka edustivat sekä tuotanto- että harrastetiloja eri puolilla maata. Tutkimukseen osallistuneista tiloista 51 % oli hevostiloja, 25 % lihatiloja ja 12 % maitotiloja. Tavoitteena oli myös laatia toimintamalli käärintämuovikalvojen kierrättämisen tehostamiseksi.</p> <p>Kalvomuovijätteestä 52 prosenttia käsiteltiin tiloilla polttamalla tai läjittämällä. Hyödynnettäväksi päätyi 48 prosenttia materiaalista. Epäpuhtaudet vaikeuttivat muovin kierrätystä. Kierrätysmuovin varastointiin tiloilla ei kiinnitetty riittävää huomiota. Likaiset kalvomuovijätteet läjitettiin kasaan odottamaan jatkokäsittelyä. Tulosten perusteella 28 prosenttia tiloista poltti kalvomuovia. Asiaton muovin polttaminen lisää pienhiukkaspitoisuuksia paikallisesti. Valtakunnallisiin pienhiukkasten kokonaispäästöihin vaikutukset jäivät vähäisiksi. Tutkimukseen vastanneet tiesivät tiloilla tapahtuvan polton haitoista, mutta muovijätteen varastointia pidettiin vaikeana, kuljetusmatkoja kierrätyspisteisiin pitkinä ja kustannuksia lisäävinä. Yhtenäisen valtakunnallisen kierrätysjärjestelmän puuttuminen koettiin ongelmalliseksi.</p> <p>Onnistunut maatalouden paalimuovin kierrätys tulevaisuudessa perustuu jätteen puhtaanapitoon, lajitteluun, jätteen pakkaamiseen tiiviisti, laadukkaaseen varastointiin ja järkevään, tehokkaaseen kuljettamiseen.</p>			
Avainsanat – Nyckelord - Keywords <b>maatalousmuovi käärintäkalvo, kierrätysmalli, paalimuovi, muovinkierrätys ja jätemuovi</b>			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited <b>Helsingin yliopiston kirjasto</b>			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information <b>Ohjaajat: Hannu Mikkola (HY) ja Laura Alakukku (HY)</b>			

Tiedekunta - Fakultet - Faculty Faculty of agriculture and forestry		Laitos - Institution - Department Department of agricultural sciences	
Tekijä - Författare - Author Viljami Lahtinen			
Työn nimi - Arbetets titel - Title Recycling of wrapping film in agriculture			
Oppiaine - Läroämne - Subject Agrotechnology			
Työn laji/ Ohjaaja - Arbetets art/Handledare - Level/Instructor Master's thesis		Aika - Datum - Month and year 3/2020	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 52.
<p>Finnish farms produce 3,500–6,000 tons of plastic silage wrapping waste each year. The European Union has stringent recycling goals for plastic waste, which also apply to agricultural film plastics that are difficult to recycle.</p> <p>Plastics can be recycled mechanically and chemically. However, the European Union only accepts mechanical recycling, which is unsuitable for composite plastics and dirty waste plastics. Mechanical plastic recycling has developed in Finland thanks to the Riihimäki recycling plant, which opened in the summer of 2016. With national project grants, Finland has been developing the technology and concept behind chemical recycling to include types of plastic that are difficult to recycle.</p> <p>This online survey studied the state of baling-plastic waste recycling and storage in Finland. 191 people responded, representing both production and recreational facilities around the country. The distribution of the respondents was as follows; 51% were from horse farms, 25% from cattle farms and 12% from dairy farms. A second goal was to create an operating model to improve the recycling of wrapping plastic waste.</p> <p>On farms was processed 52 per cent of film plastic waste either by burning or piling it up. 48 per cent of the material was recycled. Impurities made plastic recycling more difficult. Too little attention was paid to the storage of recyclable plastic on farms. Dirty film plastic waste was simply piled up to await further processing. According to the survey, 28 per cent of the farms burned film plastic. Inappropriate plastic burning increases microparticle concentrations locally. The effect on total national microparticle emissions are however marginal. The respondents were aware of the negative impact of burning plastics on farms, but storing it was considered difficult, distances to recycling points were causing extra transportation costs. The absence of a national recycling system was considered a problem.</p> <p>In the future, successful recycling of baling plastic on farms will be based on ensuring that plastic waste is not dirty and that it is sorted, packed tightly, properly stored and sensibly transported.</p>			
Avainsanat – Nyckelord - Keywords agricultural film plastic, plastic wrapping			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited Helsinki university library			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information Supervisors: Hannu Mikkola (UH) and Laura Alakukku (UH)			

## Sisällys

1	LYHENTEET JA KÄSITEET .....	2
2	JOHDANTO .....	4
3	KIRJALLISUUSKATSAUS .....	6
3.1	Mekaaninen kierrätys .....	7
3.2	Pyrolyysi eli kemiallinen käsittely .....	10
3.3	Maatalousmuovijätteen hyödyntäminen .....	16
3.4	Maatalouden jätemuovin vastaanoton tilanne .....	16
4	TUTKIMUKSEN TAVOITEET .....	19
5	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	20
5.1	Aineiston keräys .....	20
5.2	Verkkokyselylomakkeen sisältö .....	21
5.3	Aineiston käsittely .....	22
6	TULOKSET .....	23
7	TULOSTEN TARKASTELU .....	30
7.1	Käärintäkalvomuovilta vaaditut ominaisuudet .....	31
7.2	Käärintämuovikalvojäätteen käsittely tiloilla .....	32
7.3	Varastointi ja materiaalin laatu .....	33
8	MALLI MAATALOUSMUOVIN KIERRÄTTÄMISEN .....	35
8.1	Jätemuovin puhdistaminen ja lajittelu .....	35
8.2	Jätemuovin pakkaaminen .....	36
8.3	Jätemuovin varastointi .....	40
8.4	Jätemuovin kuljetus .....	40
8.5	Jätemuovin kierrätys .....	41
8.6	Uusiokäyttö .....	42
9	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
10	LÄHTEET .....	44
11	LIITTEET .....	50

## 1 LYHENTEET JA KÄSITEET

ABS	ABS-muovi eli akryyliniitrilibutadieenistyreeni. Yleinen muovi käytetään esimerkiksi putkissa, profiileissa ja auton osissa.
Agglomerointi	Muovin murskaus- ja lämmitysprosessi muovin kierrätyksessä.
Aggregaatti	Muovista valmistettu pallo, joka sisältää yleensä sekalaista yhteen sulatettua muovijätettä.
CHP	(Combined Heat and Power) Voimalaitos, joka tuottaa sähköä ja lämpöä.
CO	Hiilimonoksidipäästöt
Granulaatti	Muovirae, jota käytetään muovin raaka-aineena.
Granulointi	Muovi puristetaan suulakkeen lävitse ja leikataan granulaateiksi. Muovipelletit ovat 2–3 mm kokoisia muovirakeita.
Kierrätys	Kierrättäminen tarkoittaa sitä, että materiaalit voidaan halutessa käyttää uudelleen. Esimerkiksi muovin kierrättäminen tarkoittaa, että muovi voidaan käyttää uudelleen samassa tai toisessa tuotteessa.
NOx	Typenoksidipäästöt
PBT	(Polybutylene terephthalate) Polybutyleenitereftalaatti
PC	(Polycarbonate) Polykarbonaatti
PE-HD	Suuritiheyspolyeteeniä käytetään läpinäkymättömissä kapaleissa, joiden tulee säilyttää muotonsa, kuten ämpäreissä (Järvinen 2016).
PE-LD	(Polyethylene) Pientiheyspolyeteeni
PE-LLD	(Linear low-density polyethylene) Lineaarinen pientiheyspolyeteeni. Yleinen maataloudessa käytetty kiristekalvomuovi.
PE-MD	(Medium-density) Keskitiheyspolyeteeni.
PE-vaha	Polyeteeni- vaha on muovin raaka-aine, jota voidaan valmistaa kierrätysmuovista ja siitä käytetään muovin valmistukseen.
PET	(Polyethylene terephthalate) Polyeteenitereftalaatti

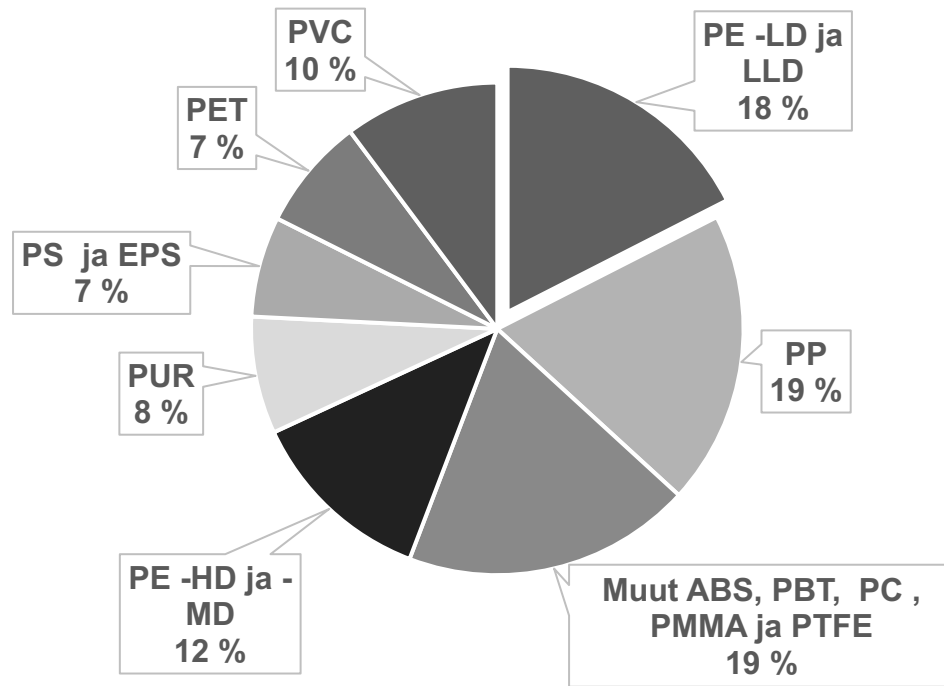
PIB	Polyisobuteeni on muovin lisäaine, jolla LLDPE-kalvojen pinta saadaan tahmeaksi ja tarttuvaksi. Lisäaineella parannetaan paalin tiiveyttä ja näin rehun säilöntäominaisuuksia.
Pienmuovipaalain	Muovin paalukseen tarkoitettu paalain, joka puristaa tai rullaa muovijätteen helposti käsiteltäväksi paaliksi.
PMMA	(Polymethyl methacrylate) Polymetyylimetakrylaatti.
PP	Polypropeeni on muovilaatu, jota käytetään paljon autojen valmistuksessa. Ominaisuuksiltaan sitä voidaan käyttää esimerkiksi saranoissa, koska se kestää hyvin taivutusta (Järvinen 2016).
PS ja EPS	(Polystyrenes) Polystyreenit
PTFE	(Polytetrafluoroethylene) Polytetrafluorieteeni
PUR	(Polyurethane) Polyuretaani
PVC	(Polyvinyl chloride) Polyvinyylikloridi
Pyrolyysi	Pyrolyysi tarkoittaa kuivatislausta, jossa hapettomissa oloissa ja korkeassa lämpötilassa hajotetaan muovia tai biomassaa. Reaktiossa syntyy kaasua, hiiltä ja höyryä. Kaasusta ja höyryistä voidaan tislamalla erottaa öljyä ja peruskemikaaleja.
Setaaniluku	Setaaniluku ilmaisee diesel - polttoaineen syttymisherkkeyden.
Tisle	Tislausprosessissa muodostuva lopputuote.
Tuottajavastuujärjestelmä	Jätelakiin perustuva järjestelmä, joka velvoittaa pakattujen tuotteiden myyjiä järjestämään pakkauksilleen kierrätyksen ja vastaanoton. Velvoite koskee myyjiä ja maahantuoja, joiden liikevaihto vuodessa on yli 1 miljoonaa euroa.
Täysperävaunuyhdistelmä	Ajoneuvoyhdistelmä, jonka pituus on 25,25 – 34,50 metriä ja sen suurin sallittu kokonaispaino on 76 tonnia (Murto 2018).
UHC	Hiilivetypäästöt

## 2 JOHDANTO

Muovista on tullut maataloudessa erittäin tärkeä, vaikeasti korvattava materiaali, joka on oleellinen osa laadukasta maatalousprosessia (Muisse ym. 2016). Samaan aikaan ymmärretään jätemuovin aiheuttamat ympäristö -ongelmat, mutta kaikkia tahoja palvelevaa helppokäyttöistä kierrätysmenetelmää ei ole vielä laajasti käytössä (Muisse ym. 2016).

Maatilojen muovijätteen määrää alettiin Pohjois-Amerikassa dokumentoida amatillisissa, valtiollisissa ja yliopistollisissa julkaisuissa 1990-luvulla, kun samaan aikaan maatalousmuovilla oli hyvin puutteellinen kierrätysinfra (Muisse ym. 2016). Muovihuolto oli merkittävästi jäljessä muista jätevirroista. Muovijäte oli hyvin likaista ja lajittelematonta, koska muovin maahan hautaaminen ja polttaminen oli sallittua (Muisse ym. 2016).

Uusien muovimateriaalien tuotesuunnittelussa tulisi ottaa huomioon muovin kierrätettävyys, jotta päästäisiin laadukkaaseen korkeatasoiseen kierrätysprosessiin (Al-Salem ym. 2010). Muovin tuotantomäärät ovat olleet jatkuvasti nousussa. Vuonna 2015 muovia tuotettiin yhteensä 322 miljoonaa tonnia (Euroopan komissio 2018). Euroopan komissio arvioi maailman muovin tuotannon kaksinkertaistuvan vuoteen 2028 mennessä vuoden 2015 tasosta. Pakkausten tuottajavastuun tavoitteena on vuoteen 2020 muovin kierrätyksen tason nostaminen 22 prosenttiin (Ympäristö.fi 2013). Kuvassa yksi on esitetty eri muovilaatujen käyttöosuudet Euroopassa.



Kuva 1. Euroopassa eniten käytetyt muovilaadut 2017 (PlasticsEurope 2018). Pientiheyspolyeteeni PE-LD, Lineaarinen pientiheyspolyeteeni PE-LLD, Polypropeeni PP, akryylinitrilibutadieenistyreeni ABS, Polybutyleenitereftalaatti PBT, Polykarbonaatti PC, Polymetyylimetakrylaatti PMMA, Polytetrafluorieteeni PTFE, Suuritiheyspolyeteeni PE-HD, Keskitiheyspolyeteeni PE-MD, Polyuretaani PUR, Polystyreenit PS ja EPS, Polyteenitereftalaatti PET ja Polyvinyylikloridi PVC.

Maatalousmuovin kierrätyksen ongelmia tällä hetkellä on jätemuovin heikko kierrätyslaatu ja -järjestelmän alkeellisuus. Työn tavoitteena oli selvittää tämänhetkisen käärintämuovikalvojen käsittelyn tila ja luoda ehdotus käyttökelpoisen järjestelmän kehittämiseksi.



### 3 KIRJALLISUUSKATSAUS

Tutkimuksessa käsiteltiin erilaisia muovinkierrätysvaihtoehtoja ja niiden hyödyntämistä maatalouden muovin kierrätyksessä. Muovia voidaan kierrättää mekaanisesti, kemiallisesti ja raaka-aine tasolla (Al-Salem ym. 2010). Näiden lisäksi muovia hyödynnetään energiana jätteenpolttolaitoksissa (Al-Salem ym. 2010). Muovin kaatopaikkasijoittaminen kiellettiin Euroopan unionissa vuonna 2016 (VN 2013).

Mekaaniseen kierrätykseen sisältyy fysikaalinen käsittely, kun taas kemiallisessa kierrätyksessä tuotetaan raaka-aineita kemian teollisuudelle (Al-Salem ym. 2010). Energian talteenottoon sisältyy materiaalien täydellinen tai osittainen hajoitus eli palaminen. Prosessi tuottaa lämpöä, jota voidaan jalostaa sähköksi (Al-Salem ym. 2010). Mekaanisessa kierrätyksessä haasteena ovat muovin käyttö- ja kierrätysominaisuuksien heikkeneminen (Babinchak 2004 ref. Serrano 2004). Päivittäessä käytössä olevat kierrätysmuovista valmistetut tuotteet ovat valmistettu mekaanisesti kierrätetyistä materiaaleista (Al-Salem ym. 2010). LiMuKehankeen tutkimus on viimeisimpiä Suomessa aiheesta tehtyjä tutkimuksia, jossa on kokonaisuutena tarkasteltu maatalousmuovin kierrätysprosessia (Erälinna ja Järvenpää 2018). Hankeen toteuttivat Turun yliopisto, Turun ammattikorkeakoulu sekä Hämeen ammattikorkeakoulu vuosina 2016 – 2018. Tutkimus keskittyi maa-, hevos- ja puutarhataloudessa syntyvien tuottajavastuun piiriin kuulumattomien muovien keräämiseen ja kierrätykseen. Hankkeessa kehitettiin ja pilotoitiin erilaisia maatalousmuoveille soveltuvia kierrätysmenetelmiä ja liiketoimintamalleja.

Maatalouden käärintämuovikalvo on kemialliselta koostumukseltaan lineaarista pientiheyspolyeteeniä (PE-LLD), jota on lisääaineistettu käärintäominaisuuksien parantamiseksi (Lehtonen ym. 2015). Euroopan unionissa (Norja ja Sveitsi mukaan lukien) PE-LD ja PE-LLD muovien osuus kulutuksesta on 17,5 prosenttia (PlasticsEurope 2019). Muovin valmistajat antavat niukasti tietoa muovien tarkoista ainesosista. Muovista kerrotaan usein vain laatu, jonka perusteella se on mahdollista kierrättää. Paaliverkot ovat materiaaliltaan suurtiheyspolyeteeniä

(PE-HD), johon lisätään tarvittavia lisäaineita (Antti Pietarinen, Piippo Oyj, sähköpostiviesti 8.3.2019). Paalinarut ovat materiaaliltaan polypropeenä (PP) (Erälinna ja Järvenpää 2018). Käärintämuovikalvoissa, paaliverkoissa sekä paalinaruissa valmistajat käyttävät eri lisäaineita. Yleisiä lisäaineita ovat väriaine, UV-suoja, kovetteet ja pehmentimet (Lehtonen ym. 2015). Maatalousmuoveille tärkeitä ominaisuuksia ovat niiden kestävyys erilaissa lämpötiloissa (Erälinna ja Järvenpää 2018). Muovikalvon kestävyys mekaanista rasitusta ja ultraviolettivaikosta vastaan ovat kalvon tärkeimpiä ominaisuuksia, kun tarkastellaan säilörehun laatua (Kervinen ja Suokas 1993). Ohuesti muoviin käärittyjen paalien ongelma on muovikuoren heikko mekaanisen kulutuksen kestävyys ja alttius käärintävirheille (Kervinen ja Suokas 1993). Paalin mekaanista kestävyyttä voidaan parantaa lisäämällä muovikerroksia, mutta samaan aikaan käärintäkustannukset kasvavat (Kervinen ja Suokas 1993). Maatalouden tutkimuskeskuksessa (Vakolassa) suoritetuissa tutkimuksissa 6 kerrosta käärintäkalvoa paalia kohden oli optimaalinen määrä ja se mahdollisti rehun laadukkaan säilymisen (Kervinen ja Suokas 1993). Ensimmäiset uusiomateriaalista valmistetut käärintäkalvot tulivat markkinoille Agritechnica 2019 tapahtumassa (Trioplast 2019).

### **3.1 Mekaaninen kierrätys**

Materiaalikierrätyksessä sekoittuneet muovilaadut aiheuttavat ongelmia. Muovilaatujen sulamispiste vaihtelee, minkä vuoksi sekalaista muovimassaa ei voida kierrättää (Briassoulis ym. 2012). Eri sulamispisteet huonontavat kierrätysmuovien laatua ja siksi sekalaisen muovin ominaisuuksia on mahdoton arvioida ennalta (Briassoulis ym. 2012). Mitä sekalaisempaa ja likaisempaa jäte on, sitä vaikeampi sitä on kierrättää mekaanisesti (Al-Salem ym. 2010). Sekalaisesta muovijätteestä on valmistettu aggregaatteja ja jauheita, joiden toimivuutta betonimassassa on tutkittu. Betonin valmistuksessa korvattiin hiekkaa 10, 20, 30 ja 40 prosenttia muovipussijättemateriaalista valmistetulla hienojakoisella jauheella (Ghernouti ym. 2014). Muovijauheen sekoittaminen paransi betonin työstettävyyttä, mutta betonin puristuslujuus heikkeni (Ghernouti ym. 2014). Jätemuovien käyttö betonin seassa parantaa betonin iskunkestävyyttä (Siddique ym. 2007). Vastaavia tuloksia on saatu erilaisista betoni-seos tutkimuksista (Turku ym. 2017).

Eriväriset maatalousmuovit hankaloittavat kierrätysmuovien raaka-ainekauppaa. Paras kysyntä kierrätysmarkkinoilla on kirkkaalle muovikalvolle. Niitä ei voida käyttää rehun säilönnässä, koska kirkkaat muovit läpäisevät hyvin auringon lämpösäteilyä ja se heikentää rehun säilyvyyttä (Kervinen ja Suokas 1993). Valkoista muovia käytettäessä paalin sisälämpötila on 10°C alhaisempi kuin mustaa muovia käytettäessä (Kervinen ja Suokas 1993). Kierrätysmuovin ostajat ovat kiinnostuneita pääasiassa kirkkaista muoveista, jotka eivät vaikuta lopputuotteen väriin. Valkoinen muovi sisältää titaanioksidia, joka antaa muoville värin ja tehokkaan UV-valosuojan (Dwight ym. 2004). Titaanioksidin hyötyjä on sen myrkyttömyys (Dwight ym. 2004), mutta kierrätysraaka-aineen arvoa se laskee (Briassoulis ym. 2012).

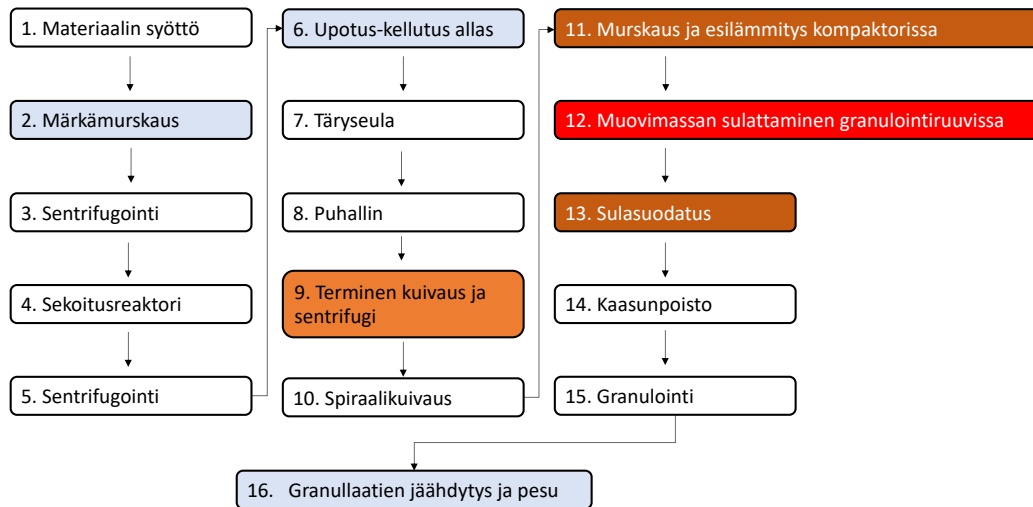
Muovien sisältämät säilöntä- ja torjunta-ainejäämät vaikeuttavat muovin esipuhdistusta, mutta muuten niistä ei ole havaittu merkittävää haittaa (Briassoulis ym. 2012). Muovin pesuun tarvitaan paljon vettä, mistä syntyy suuri määrä käsittelyä vaativaa jätevettä (Eskelinen ym. 2016). Euroopassa muovia tuotettiin vuonna 2015 yhteensä 58 000 000 tonnia (Sherrington ym. 2017). Maatalouden tarpeisiin siitä kului 5 prosenttia eli 2 900 000 tonnia (Sherrington ym. 2017). Suomen osuus maatalousmuovin kulutuksesta oli noin 12 000 tonnia vuodessa, mistä maataloudessa käytettävien kiristekalvojen (PE-LLD) osuuden arvioidaan olevan noin 3500 – 6000 tonnia vuodessa (Lehtonen ym. 2015).

Ekokem on tehnyt tutkimusta siitä, kuinka orgaanisia epäpuhtauksia sisältävien kalvomuovien kierrätysprosessi olisi mahdollista saada toimimaan, niin että siitä saataisiin laadukasta muovigranulaattia (Lehtonen ym. 2015). Tiivistän Ekokemin tutkimuksesta ”Orgaanisia epäpuhtauksia sisältävien kalvomuovien pesukokeilu ja kierrätysprosessin kehitys” opittua ja hieman hahmottelen sitä millainen mekaanisen kierrätyksen kalvomuovilinja voisi olla Lehtosen ym:n (2015) mukaan. Tutkimuksessa kierrätettiin paalimuovia ja aumamuovia. Paalimuovi oli laadultaan PE-LLD muovia ja aumamuovi PE-LD muovia. Aumamuovi oli peräisin turvetuotannosta, mutta myös maataloudessa rehuaumoja peitetään vastaavalla PE-LD muovilla.

Näytteet tutkimukseen oli jouduttu keräämään käsin, koska valmiiksi lajiteltua muovijätettä ei ollut saatavilla. Lajittelu oli erittäin hidasta ja työlästä ja siinä työtehoksi saatiin 120 kg/h (Lehtonen ym. 2015). Materiaalit murskattiin ja murskauksen yhteydessä todettiin ongelmia muovien paalautumisessa (Lehtonen ym. 2015). Murskainten terät kuluivat erittäin nopeasti murskattaessa likaista muovikalvojätettä. Tämän välttämiseksi Briassoulis ym. (2013) on suositellut murskausta vedessä, koska silloin terät kuluvat vähemmän eikä muovi kuumene tai sula (Briassoulis ym. 2013). Epäpuhtaudet haittasivat muovin paalausvaiheessa varsinkin turvemuoveja paalatessa (Lehtonen ym. 2015). Näytepaalit siirrettiin Italiaan Soreman tehtaalle, jossa oli pilottilinjasto muovin pesua varten (Lehtonen ym. 2015).

Likaisen kalvomuovin pesusta saatiin hyviä tuloksia Soreman tehtaalla, mutta turveaumamuovitulokset olivat vain melko hyviä. Laitevalmistaja suosittelikin, että turvemuovit käsiteltäisiin rumpuseulalla ennen kuin niitä aletaan pesemään (Lehtonen ym. 2015). Kirjallisuudessa maatalousmuovin rumpuseulontaa suositeltiin tapauksissa, joissa jätemuovit sisältävät runsaasti epäpuhtauksia (Briassoulis ym. 2013). Rumpuseulan avulla tutkimuksessa saatiin erotettua 21 kilogrammasta turveaumamuovia 7 kg turvetta (Lehtonen ym. 2015).

Pesun ja hienonnuksen jälkeen pestyt muovit toimitettiin Ereman tehtaalle Itävaltaan granuloitavaksi (Lehtonen ym. 2015). Granulointi suoritettiin Intarema 1108 TVEplus granulaattorissa. Perusvaiheet Itävallan toimenpiteessä olivat muovin hienontaminen ja esilämmitys. Esilämmitetty muovi sulatettiin granulointiruuissa, jonka jälkeen se kulki sulasuodatuksen ja kahden erillisen kaasunpoiston lävitse pelletöintiin (kuva 2). Tutkimuksen tekijät pitivät erityisen tärkeänä sitä, että granulointiruuissa on hyvä ja tehokas kaasunpoisto. Kaasunpoistossa pestyn kierrätysmuovimassan sisältämä kosteus ja pienet epäpuhtaudet höyrystyvät ja poistuvat granulaattien rakenteesta. PE-LLD granulaateissa oli havaittavissa pientä nihkeyttä, Se johtui paalien käärintäkalvon sisältämästä liimapinnasta (PIB), joka parantaa käärityn paalin tiiveyttä ja koossa pysymistä.



Kuva 2. Esimerkki mekaanisesta kalvomuovin kierrätysprosessista (Lehtonen ym. 2015).

Granulaattien laadun varmistamiseksi niistä valmistettiin testikalvoja, joista tutkittiin laboratoriossa vetolujuus, iskulujuus-, HDT- taipumislämpötila-, Vicat-pehmenemispiste-, tiheys- ja sulaindeksitesti. Tulokset olivat lupaavia, mutta ne oli saatu pilottikoelaitteistolla, ja niiden soveltuvuutta varsinaisessa kierrätyslaitoksessa tulee tarkastella kriittisesti. Tuotantokäytössä muovigranulaattien laadun valvonnassa tulee olla tehokas ja järjestelmällinen omavalvontasuunnitelma. Kierrätetyn muovin laatu määrittää myös sen turvallisuuden käytössä. Kierrätetty muovi ei useinkaan ole elintarvikekäyttöön soveltuvaa, koska se voi sisältää epäpuhtauksia (Briassoulis ym. 2013). Rehussa käytetyn kierrätysmuovin laatua tulee tarkastella kriittisesti, jotta voidaan varmistaa käärityn rehun turvallisuus.

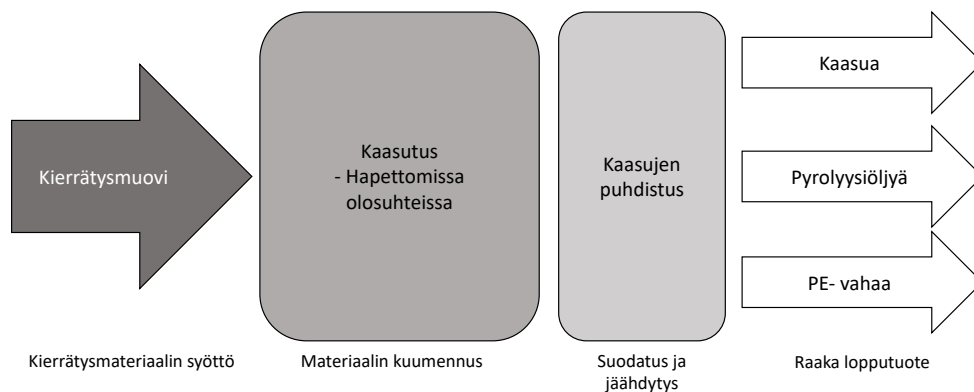
### 3.2 Pyrolyysi eli kemiallinen käsittely

Kaikki tekniset menetelmät, jotka muodostavat jätemuovien sisältämistä polymeereistä monomeerejä tai petrokemikaaleja ovat osa kemiallista kierrättämistä (Al-Salem ym. 2010). Lopputuloksena saadaan hyödyllisiä ja korkeatasoisia raaka-aineita, joita voidaan käyttää esimerkiksi energiaprosesseissa (Al-Salem ym. 2010). Samanaikaisesti syntyvän jätteen määrä on vähäinen (Al-Salem ym.

2010). Kemiallisesti kierrätetyn muovin lopputuotteita käytetään mm. polttoaineissa.

Muovijätteen kemiallinen käsittely eli pyrolyysi-käsittely (kuva 3) on yksi mahdollinen keino hyödyntää maatalouden jätemuovia (Serrano ym. 2004). Pyrolyysin avulla muovijätteestä voidaan valmistaa kevyttä polttoöljyä vastaavaa polttonestettä, peruskemikaaleja ja kaasuja (Serrano ym. 2004). Muovi hajoaa termisessä prosessissa (Malkow ym. 2004). Muovin kemiallisen kierrätyksen haasteena on Euroopan unionin suhtautuminen muovin kemialliseen kierrätykseen. Vielä tällä hetkellä pyrolyysikäsittely ei ole muovin kierrätystä, vaikka likaista muovia ei voida mekaanisesti kierrättää (Saarinen 2020). Tällä hetkellä likainen muovi joudutaan hyödyntämään energiana polttamalla se jätteenpolttolaitoksessa.

Pyrolyysikäsittelyssä eri muovilaadut voidaan käsitellä yhtenäisenä massana, joka voi sisältää huomattavasti enemmän epäpuhtauksia kuin kierrätettäessä muovia mekaanisesti (Serrano ym. 2004). Muovia ei tarvitse välttämättä pestä ennen kemiallista käsittelyä. Kasvihuonekalvoista tehdyt kevyet pesukokeet osoittivat, että pestyyn kalvomuoviin jää epäpuhtauksia noin 1–2 painoprosenttia pesun jälkeen (Serrano ym. 2004). Pyrolyysiprosessissa muodostuvia kaasuja puhdistetaan erilaisilla pesuvaiheilla ennen kaasujen polttamista (Malkow 2014). Prosessista saatuja kaasuja voidaan hyödyntää turbiineissa ja esimerkiksi pyrolyysiuunin lämmityksessä. Kaasut koostuvat hiilivetykaasuista ja niillä on korkea lämpöarvo (Malkow 2014). Muovi pilkkoutuu prosessissa hyvin tehokkaasti ja jäljelle jää pääasiassa epäorgaanisia aineita eli tuhkaa (Malkow 2014).



Kuva 3. Pyrolyysi-prosessin perusta (Oasmaa 2019).

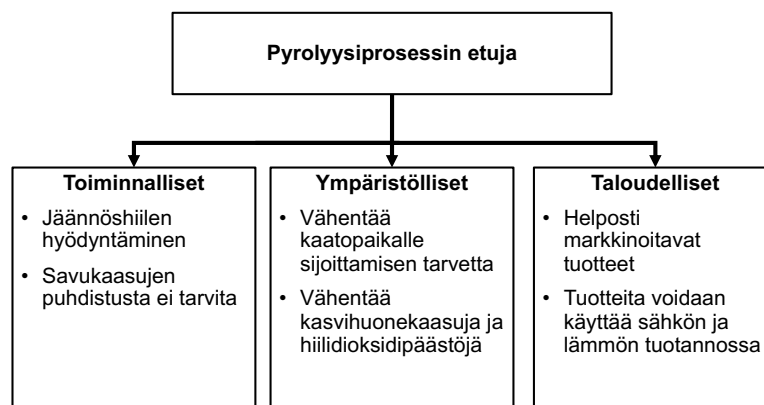
Käytännön ongelmia maatalousmuovin kierrätyksessä ovat muovin sisältämät kasvi- ja maa-ainese epäpuhtaudet (Briassoulis ym. 2012). Maatalousmuovin epäpuhtaudet vaikeuttavat muovin pilkontaprosessia kuluttamalla silppureiden teriä erittäin nopeasti (Briassoulis ym. 2012). Muovin silppuamisessa voisi hyvin keilla murskaus- ja repimismenetelmiä tutkimuksessa käytetyn leikkuumenetelmän sijasta.

Pesu kuluttaa energiaa ja heikentää muovin kierrätyksen kannattavuutta (Briassoulis ym. 2012). Pesuvettä jää taitoksiin, mikä vaikeuttaa muovin kuivaamista (Briassoulis ym. 2012). Taitosten väliin jää helposti myös epäpuhtauksia, jotka eivät irtoa pesuissa.

Liimautuvuus vaikeuttaa maatalouden kalvomuvijätteen kierrätettävyyttä. Maatalouden kalvomuvit ovat myös haasteellisia elevaattorikäsitelystä, koska muovit liimaantuvat elevaattoreiden kuljetuspintoihin kiinni muovin sisältämän liima-aineen vuoksi. Maatalouden käärintämuovikalvojen liima-aineena käytetään polyisobuteenia (PIB) (Lehtonen ym. 2015).

Muovin polttamisen eli energiahyödyntämisen ongelmana on se, että muoviin si-  
toutunutta energia ei saada kierrätettyä (Briassoulis ym. 2012). Pyrolyysikäsitte-  
lyssä saadut tisleet voidaan hyödyntää energiaksi, mutta niitä olisi mahdollista  
hyödyntää myös uusien materiaalien raaka-aineina (Briassoulis ym. 2012).

Pyrolyysissä muovia voidaan pilkkoa ilman happea öljyksi, kaasuksi ja kiinteäksi  
aineeksi (kuva 4). Pyrolyysin etuna on se, että siinä voidaan käsitellä likaista ja  
lajittelematonta muovia (Kumar ja Gaikwad 2017). Muovin täytyy olla kuivaa ja  
se täytyy olla lajiteltu eroon muusta jätteestä. Muovista saatu öljy sopii polttoai-  
neeksi sellaisenaan eräin varauksin. Testit oli suoritettu dieselmoottorilla, jonka  
polttoaineena käytettiin dieselin ja pyrolyysiöljyn seosta. Tutkimuksessa paras tu-  
los saatiin sekoitussuhteella 20 % pyrolyysiöljyä ja 80 % dieseliä. Moottorin suo-  
ritusarvot olivat erittäin lähellä puhtaalla dieselpolttoaineella ajatettuja mittausar-  
voja (Kumar ja Gaikwad 2017).



Kuva 4. Pyrolyysiprosessin edut (Punkkinen ym. 2011).

Pyrolyysiöljyn hyödyntäminen dieselmoottorin polttoaineena lisää moottorin CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>-, CO- ja UHC- päästöjä. Polttoaineen syttymisherkkyyttä ilmaisevaa setaani-  
lukua ei tutkimuksesta saatu mitatuksi, koska pyrolyysidieselin tislauksessa oli ongelmia eikä mittausta voitu riittävän turvallisesti suorittaa (Kalargaris ym.

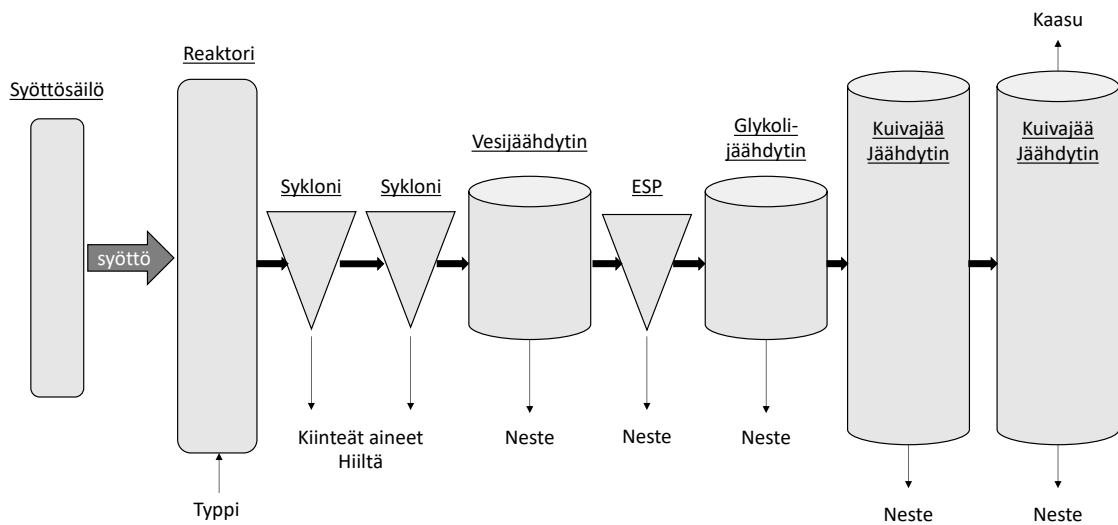


2016). Tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että pyrolyysidieselin soveltuvuus tiekuljetuksiin oli heikkoa, koska teillä käytettävät polttoaineet ovat tarkasti standardoituja (Kalargaris ym. 2016). Pyrolyysiöljyn koostumus on riippuvainen siitä, millaisesta muovista se valmistetaan (Kalargaris ym. 2016). Testeissä käytetty pyrolyysiöljy oli valmistettu seoksesta, jossa oli 47 painoprosenttia (p-%) ABS-muovia, 26 p-% polyesterimuovia, 15 p-% muita muoveja sekä 12 p-% maa-aineksia (Kalargaris ym. 2016). Päästöjen kohoamisen arvioitiin johtuvan pyrolyysiöljypolttoaineen polttoöljyä korkeammasta typpipitoisuudesta ja suuremmasta lämmön vapautumisnopeudesta (Kalargaris ym. 2016). Pyrolyysiperäisten polttoaineiden soveltuvuutta moottoripolttoaineiksi voidaan parantaa, jos moottorin ruiskutuksen ajoitusta ja ruiskutuspainetta optimoidaan polttoaineelle sopivaksi (Kalargaris ym. 2016).

Markkinoilla on vastaavaa ottomoottoreissa käytettävää kierrätyspolttoainetta, jossa käytetään bensiinin seassa etanolia (St1 2019). Autoissa, jotka käyttävät kierrätyspolttoainetta, tulee olla polttoaineelle optimoitu polttoaineen ruiskutusjärjestelmä (St1 2019). Aikaisempien tulosten perusteella myös pyrolyysiöljyä käyvä moottori tulisi optimoida käytettävälle polttoaineelle.

Pyrolyysilaitoksen kannattavuutta tutkittaessa laitoksen koko, sijainti ja polttoainemateriaalin saatavuus lähialueelta ovat oleellisia tekijöitä (Rentizelas ym. 2018). Iso pyrolyysivoimalaitos on kannattava tilanteessa, jossa se tuottaa lämpöä sähköä ja dieseliä (Rentizelas ym. 2018). Malli pyrolyysilaitteistosta (kuva 5), joka on toteutettu koemittakaavassa ja joka tuottaa kaasua ja nesteitä.

Ainoastaan PE-vahaa valmistavalla laitoksella on lyhempi takaisinmaksuaika ja pienemmät investointikustannukset, mutta haasteena on vahan laadun vakiointi, jotta sille olisi hyvä kysyntä markkinoilla (Rentizelas ym. 2018). Laskennallisesti laitosten rakentaminen olisi kannattavaa, mutta suuria haasteita aiheuttaa hyvän sijainnin löytäminen vaikeiden lupaprosessien lisäksi.



Kuva 5. VTT:n pyrolyysitutkimuslaitteiston prosessikaavio (Lahtinen 2019).

Syöttösäiliöstä siirretään ruuvilla reaktoriin kaasutettava materiaali. Reaktorissa materiaali kuumennetaan hapettomissa oloissa ja pyrolyysimateriaalia leijutetaan typpivirtauksen avulla. Reaktorista kaasu johdetaan sykloneille, jotka erottavat virtauksesta kiinteät aineet. Kiinteiden aineiden erottelun jälkeen kaasua jäähdytetään ja siitä tiivistynyt neste kerätään talteen. Jäädytysprosessissa koelaitteistossa käytetään vesijäähdytintä, sähköstaattista saostinta (ESP), glykolijäähdytintä ja kahta kuivajääjäähdytintä. Lopuksi prosessin läpi virrannut kaasu ja neste kerätään näytteiksi.

Pyrolyysiä (kemiallinen kierrätys) on tutkittu VTT:n tutkimusasemalla Bioruukissa (Lahtinen 2019). Helen, Lassila & Tikanoja Oyj ja VTT ovat pilotoimassa teollisessa mittakaavassa 5 MW pyrolyysilaitosta, johon työ- ja elinkeinoministeriö on myöntänyt 7,9 miljoonan euron energiatuen (Saarinen 2020). Laitos on tarkoitus käynnistää metsähakkeella sekä metsä- ja maatalouden sivuvirroilla (Saarinen 2020). Tulevaisuudessa on tarkoitus ottaa testiin muita jätevirtoja, kuten lietteitä ja muoveja (Saarinen 2020). Suomen tavoitteena on pyrkiä kemiallisen kierrätyksen kärkimaaksi ja mahdollisesti myydä tulevaisuudessa kierrätysteknologiaa (Saarinen 2020).

### 3.3 Maatalousmuovijätteen hyödyntäminen

Likainen, kierrätykseen kelpaamaton muovijäte voidaan hyödyntää energiana jätteenpolttolaitoksessa. Muovin lämpöarvo on noin 45 MJ/kg (Järvinen ja Saarinen 2016). Jätteenpolttolaitoksissa jäte poltetaan hallituissa oloissa yli 1000 °C-asteen lämpötilassa ja savukaasut käsitellään savukaasupesureilla ennen niiden vapautumista ilmaan (Järvinen ja Saarinen 2016). Jätteenpolttolaitokset ovat yleensä aina CHP-voimalaitoksia, joissa tuotetaan sähköä ja lämpöä. Jätteenpolttolaitosten energiasta 30 prosenttia muodostuu muovijätteestä (Järvinen ja Saarinen 2016). Kierrätyskelvottoman muovin hyödyntämiseen poltto on lähes ainoa vaihtoehto.

Muovia poltetaan jätevoimalaitosten lisäksi huomattavia määriä maataloilla, koska polttaminen on virallisia reittejä tapahtuvaa jätteiden käsittelyä halvempaa. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta kuitenkin kieltää muovijätteen polttamisen muualla kuin jätevoimalaitoksessa (VN 151/2013). Muovi ei itsessään ole reaktiivista, mutta se sisältää kemikaaleja, jotka ovat myrkyllisiä (Verma ym. 2016). Minkä tahansa muovilaadun epätäydellisestä palamisesta vapautuu ilmaan myrkykkaasuja, jotka aiheuttavat päänsärkyä, pahoinvointia, hengitystiesairauksia, sydänsairauksia ja vahingoittavat hermostoa (Verma ym. 2016). Muovien poltosta syntyvät savukaasut sisältävät terveydelle haitallisia PAH-yhdisteitä ja raskasmetalleja (Valavanidis ym. 2008). Oikein käsiteltynä jätemuovi olisi kierrätettävää raaka-ainetta. Pohjoismaisten tutkimusten mukaan ongelmallista on kierrätyskelpoisten materiaalien ajautuminen poltettavaksi (Milions 2018).

### 3.4 Maatalouden jätemuovin vastaanoton tilanne

Maatalousmuovien kierrätyspalveluiden saatavuus Suomessa vaihtelee. Maatalousmuoveista kierrätetään Suomessa 23 prosenttia. Tavallista on, että muovin kierrätyksestä peritään vastaanottomaksu jätteen tuottajalta eli viljelijältä. Tuotta-

javastuu koskee maatalouskauppaa, jonka liikevaihto on yli miljoona euroa. Tuottajavastuulaki vaatii huolehtimaan muovipakkausmateriaalien kierrätyksestä (VN 2011). Maataloudessa käärintäkalvojäte syntyy omassa tuotannossa ja näin ollen se ei kuulu tuottajavastuun piiriin (Erälinna ja Järvenpää 2018). Maatalousmuoveihin laajennetuista tuottajavastuujärjestelmistä on saatu hyviä kokemuksia useissa maissa (Euroopan komissio 2018). Pääsääntöisesti kaikilla muovista vastaanottavilla tahoilla on hyvät lajitteluohjeet ja laatukriteerit. Hyvät yleisohjeet löytyvät myös LiMuKe-hankeen loppuraportista (Erälinna ja Järvenpää 2018).

Seinäjoella Lakeuden ympäristöhuolto Oy vastaanottaa veloitusetta puhdasta, heidän ohjeidensa mukaisesti lajiteltua muovia (Lakeuden ympäristöhuolto Oy 2019). Puhtaat kalvomuovierät paalataan ja myydään edelleen ulkomaille jatkokäsiteltäväksi (Järvinen ja Saarinen 2016). Lakeuden ympäristöhuollon käsittelylinjastolla on optista teknologiaa, joka mahdollistaa myös sekalaisista jätevirroista muovien ja kuitujen erottamisen kierrätettäväksi (Järvinen ja Saarinen 2016).

Maa- ja metsätaloustuottajien Keskusliitto MTK ry on kilpailuttanut jäsenistönsä käyttöön maan laajuisen paalimuovijätteen vastaanottokanavan (Kiviranta 2019). Fortum toimi MTK:n yhteistyökumppanina 12.8.2019 asti, jonka jälkeen yhteistyökumppani vaihtui (Koivuniemi 2019). LiMuKe-hankkeen edustajat vierailivat Fortum Waste Solutions Oy:n kierrätyslaitoksella huhtikuussa 2018. Vierailun aikana maatalouden käärintäkalvojen kierrätysprosessi ei vielä toiminut toivotulla tavalla (Erälinna ja Järvenpää 2018). Uutena yhteistyökumppanina on toiminut 12.8.2019 lähtien Itä-Suomen Murskauskeskus Oy (Ojanperä 2019). Palvelun tilaus on siirtynyt Kiertoasuomesta.fi-palvelun yhteyteen. MTK:n jäsenille on omat edulliset jäsenhinnat, jotka sisältävät kuljetuksen ja lastauksen (Kiertoasuomesta.fi 2019).

Merikarvialla on Suomen kierrätysmuovikeskittymä. Clean plastic Finland Oy rakentaa sinne parhaillaan uutta mekaaniseen muovin kierrätykseen erikoistunutta laitosta, jossa on mukana Lakeuden Ympäristöhuolto Oy. Alueella toimii jo ennestään Lassila & Tikanoja Oyj:n kierrätyslaitos (Dyer 2019). Clean plastic Finland Oy:n laitoksen tavoitteena on käsitellä myös maatalouden jätemuoveja (Dyer 2019). Lassila & Tikanoja Oyj:n kierrätyslinjastot eivät pysty käsittelemään

maatalouden jätemuoveja, vaan ne käsitellään Lassila & Tikanoja Oyj:llä energiajätteenä (Satu, Lassila & Tikanoja Oyj, Chat keskustelu 4.12.2019)

Euroopassa kierrätysmuovin kysyntä on ainoastaan 6 prosenttia muovin koko kysynnästä, mistä johtuen tulevaisuuden näkymät kierrätysmuovialalla ovat hyvin haasteelliset (Euroopan Komissio 2018). Kierrätysmuovimateriaalien kysyntää uskotaan eniten jarruttavan kierrätysmuovien sisältämät mahdolliset epäpuhtaudet, jotka heikentävät kierrätysmuovien soveltuvuutta uusiomuovien raaka-aineiksi (Euroopan komissio 2018). Elintarvikepakkaukset eivät voi sisältää epäpuhtauksia, koska epäpuhtaudet voivat vaarantaa lopputuotteen käyttäjän turvallisuuden. Toimiva ja tehokas muovin kierrätysjärjestelmä tarvitsee toimiakseen kierrätysraaka-aineiden kysyntää (Järvinen ja Saarinen 2016). Käytännössä kierrätys raaka-aineen tulee olla laadullisesti neitseellistä vastaava ja samaan aikaan edullista. Pohjanmaan Muovikeräys Oy perusti Suomeen valtakunnan laajuisen muovien keräys- ja käsittelyjärjestelmän (Järvinen ja Saarinen 2016). Toiminta loppui kesällä 2017 ja yritys ajautui konkurssiin (Niittymaa 2017).

## 4 TUTKIMUKSEN TAVOITEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää maatalouden käärintämuovin kierrätyksen edellytyksiä ja haasteita. Tutkimuksessa keskityttiin käärintämuovijätteen tuottajiin ja heidän mahdollisuuksiinsa kierrättää muovia. Samalla tarkasteltiin koko muovin kierrätysketjua. Tavoitteena oli saada tutkimuksen avulla mahdollisimman laajasti tietoja koko Suomen alueen tilanteesta ja alueellisista eroista. Tavoitteena oli myös selvittää kiedontamuovin kierrätysketjun toimintaa ja ongelmia. Saatujen tulosten pohjalta laadittiin pilottimallisen maatalousmuovin kierrätyksen esisuunnitelma.

### Tutkimuskysymykset

1. Selvitetään paalimuovijätteen käsittelyn ja varastoinnin nykytila niiden syntypaikoilla.
2. Laaditaan tutkimuksen tulosten perusteella ehdotus maatalousmuovijätteen kierrätysmallista.
3. Tutkitaan kirjallisuudesta olemassa olevia käärintäkalvojätteen käsittelytapoja.

## 5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksessa selvitettiin muovin kierrätyksen tilaa suomalaisilla käärintämuovijätettä tuottavilla tiloilla otantatutkimuksen avulla. Käärintäkalvojen käyttäjästä ei ole tarkkoja tilastoja. Potentiaalisia tiloja on Luken ja Hippoksen tilastoihin viitaten yli 22 000 kappaletta (Luke 2019, Numminen 2018). Tutkimus suoritettiin verkkokyselylomakkeella (Liite 1), jotta aineistolle saataisiin mahdollisimman suuri otanta ja tutkimuksessa olisi mukana eri kokoisia toimijoita pienistä hevostalleista suuriin nautakarjatiloihin.

Verkkolomakkeesta pyrittiin tekemään tiivis ja vastaajaystävällinen, jotta siihen saataisiin mahdollisimman paljon ja laajasti vastauksia. Tutkimuksen kohderyhmäksi valittiin sosiaalisen median suljetut aihepiiriä sivuavat keskusteluryhmät sekä yliopiston maatalousylioppilaiden järjestön Sampsa ry:n sähköpostilista, jotta vastauksia saataisiin laajasti alalla aktiivisesti toimivilta henkilöiltä.

### 5.1 Aineiston keräys

Tutkimuksen aineisto kerättiin verkkolomakkeella Helsingin yliopiston e-lomakepalvelussa. Verkkolomaketta taustoitettiin tutustumalla kirjallisuuteen ja vastaaviin aiempiin tutkimuksiin. Tutkimus perustui monivalintakysymyksiin sekä avoimiin tekstikenttiin, joihin tutkimukseen vastanneet pystyivät antamaan vapaa-muotoisia vastauksia. Lomaketta jaettiin Helsingin yliopiston maatalousylioppilaiden yhdistyksen Sampsa ry:n sähköpostilistalle, Emolehmät-ryhmälle ja Talliniksityhteisöjen Facebook-seinille. Sampsan lista tavoitti noin 560 maataloustieteiden parissa toimivaa henkilöä. Emolehmät-ryhmä on suljettu emolehmätiloja yhdistävä noin 700 jäsenen ryhmä. Talliniksityhteisö on hevosihmisiä yhdistävä noin 24 000 jäsenen suljettu ryhmä, jossa keskustellaan hevosten hoidosta ja hyvinvoinnista.

Vastauksia tutkimukseen saatiin 191 kappaletta. Vastaukset kerättiin aikavälillä 8.5.2019 – 3.6.2019. Tutkimukseen vastanneet toimivat anonymisti, eikä tietoja voida yhdistää tiloihin tai henkilöihin. Tutkimustiedot käsiteltiin luottamuksellisesti.

## 5.2 Verkkokyselylomakkeen sisältö

Kysymyslomakkeessa selvitettiin tilan sijainti maakunnittain. Maakunnittaista tilojen lukumäärää verrattiin olemassa olevaan Luken aineistoon. Tarkastelussa huomattiin, että Luken aineisto perustuu ELY-keskusten muodostamiin, maakuntia laajempiin aluekokonaisuuksiin, minkä johdosta puuttuvien maakuntien osalta lukumäärätiedot lisättiin ELY-keskusten alueisiin.

Tuotantosuenta-vaihtoehdot olivat maito, liha, hevoset, heinä ja avoimella kysymyksellä jokin muu. Tilojen peltopinta-alaluokat olivat 0-4,9 ha, 5-9,9 ha, 10-9,9 ha, 20-29,9 ha, 30-49,9 ha, 50-99,9 ha, 100-199,9 ha tai yli 200 ha. Eläinten lukumäärä tilalla kysyttiin avoimella kysymyksellä. Tavoitteena oli saada laajasti eri kokoisia ja eri tuotantosuuntia edustavia vastauksia.

Tutkimuksen kannalta oleellisinta oli selvittää se, käytetäänkö tilalla muoviin käärittyjä paaleja. Tällä oli tarkoitus varmistaa tutkimuksen oikea kohderyhmä. Paalimuovien kulutusta tilalla tutkittiin selvittämällä tilojen paalimuovin käyttömäärä ja kiinnitettiinkö huomiota paalimuovin laatuun. Muovin laatua koskevaa kysymystä tarkennettiin avoimella kysymyksellä: ”Mihin tekijöihin muovin laadussa kiinnititte huomiota?” Paalimuovijätteen syntypaikalla tapahtuvaa lajittelua selvitettiin alkukysymyksellä, jossa pyydettiin vastaamaan, lajitellaanko paaliverkko-narut eroon muovikalvojäätteestä vai ei. Kysymystä tarkennettiin monivalintakysymyksellä, jossa vaihtoehtoina olivat: ostaa hyödyntämispalvelu jätehuoltoyritykseltä, ostaa palvelu järjestöltä, polttaa jäte tilalla tai läjittää tilalla ilman jatkokäsittelysuunnitelmaa.

Muovin käyttömäärää selvitettiin kysymällä paalimuovikerrosten lukumäärää. Paalauksessa käytetyn paalimuovin väriä kysyttiin, jotta saatiin näkemystä värin suosioista ja mahdollisista kierrätysshaasteista. Tutkimuksen kannalta kysymys paalimuovijätteen käsittelystä syntypaikoilla oli erittäin oleellinen tutkimuksen kannalta. Jätteen lajittelusta haluttiin selvittää, erotellaanko jätemassasta paaliverkot ja -narut, jotka ovat eri muovilaatua.



Kirjallisuustarkastelun perusteella suurimmat ongelmat paalimuovijätteen hyödyntämisessä johtuivat jätteen likaisuudesta ja sekoittumisesta muihin materiaaleihin. Paalimuovijätteen säilytyskäytäntöjä tilalla tutkittiin monivalintakysymyksellä, jossa olivat vastausvaihtoehtoina kaikki yleisimmät säilytystavat läjityksestä teknisiin jätehuoltoratkaisuihin.

Tutkimuksessa tiedusteltiin, olisivatko maatalousmuovin käyttäjät valmiita maksamaan muovin hinnassa valmiiksi jätteen kierrätysmaksun. Lisäksi tutkimuksessa kysyttiin vastaajien ehdotuksia paalimuovijätteen kierrätykseen.

### **5.3 Aineiston käsittely**

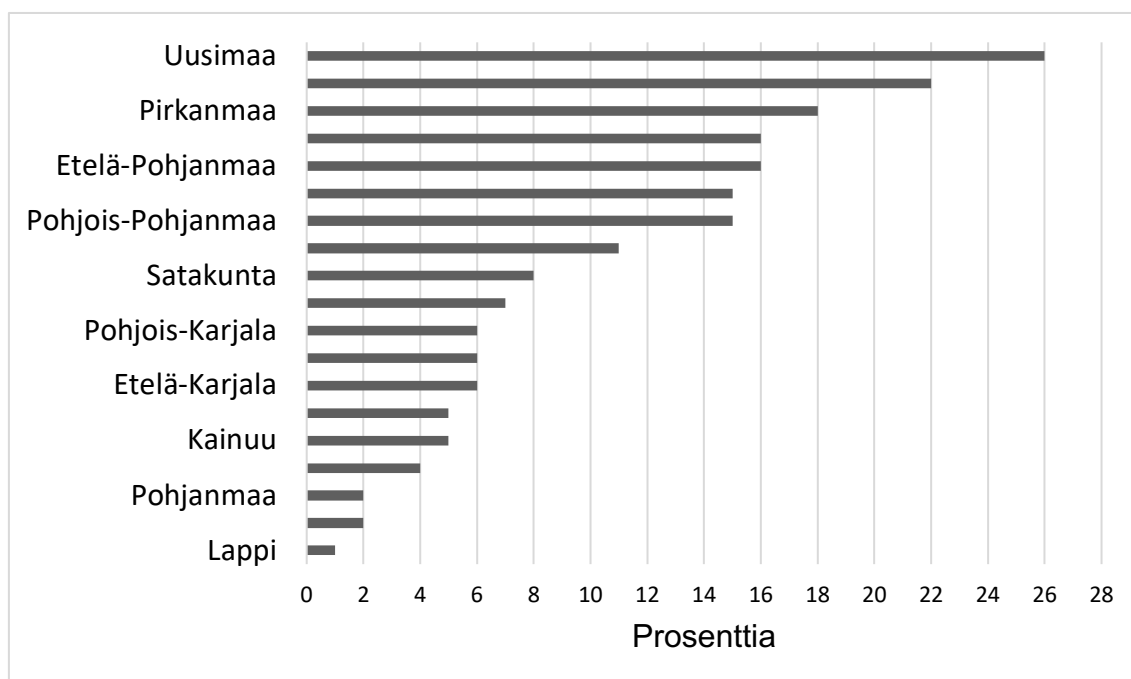
Aineisto käsiteltiin Excel-taulukkolaskentaohjelmassa, jossa se ryhmiteltiin ja koottiin helposti luettavaan muotoon. Kaikki vastaukset käytiin lävitse ja avoimista vastauksista tehtiin aiheen mukainen ryhmittely. Aineistosta luotiin kuvaajia tulosten tarkastelemisen tueksi. Vastaukset olivat laadukkaita ja kaikki vastaukset voitiin hyväksyä tutkimukseen.

Arvio tiloilla poltettavan muovikalvojen määrästä perustui kirjallisuudessa annettuun tietoon muovikalvojen kulutuksesta Suomessa. Kirjallisuudessa arvioidaan Suomessa syntyvän käärintämuovikalvojätettä 3500 – 6000 tonnia vuodessa (Lehtinen ym. 2015). Olen laskenut tästä arviosta keskiarvon, joka on 4750 tonnia vuodessa ja olen käyttänyt sitä pienhiukkaslaskelmissani. Pienhiukkasia PE-LD muovikalvon polttamisesta syntyy 0,10 – 0,15 painoprosenttia poltettua massaa kohden (Valavanidis ym. 2008).

## 6 TULOKSET

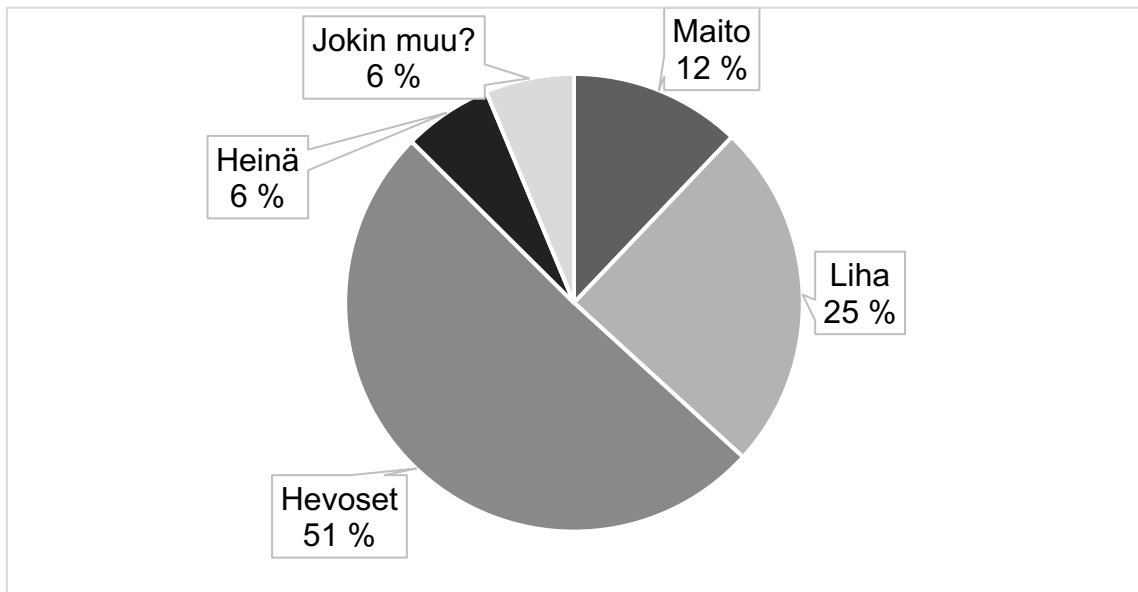
Tavoitteena oli koota laajasti tietoa paalimuovijätteen käsittelystä niin suurilta ammattitiloilta kuin pieniltä harrastetiloilta. Tutkittujen tilojen keskihajonta oli 73 ja keskipinta-ala 30 ha.

Tutkimukseen saatiin vastauksia kaikista Suomen maakunnista (kuva 6). Eniten vastauksia saatiin Uudeltamaalta ja vähiten Lapin maakunnasta.



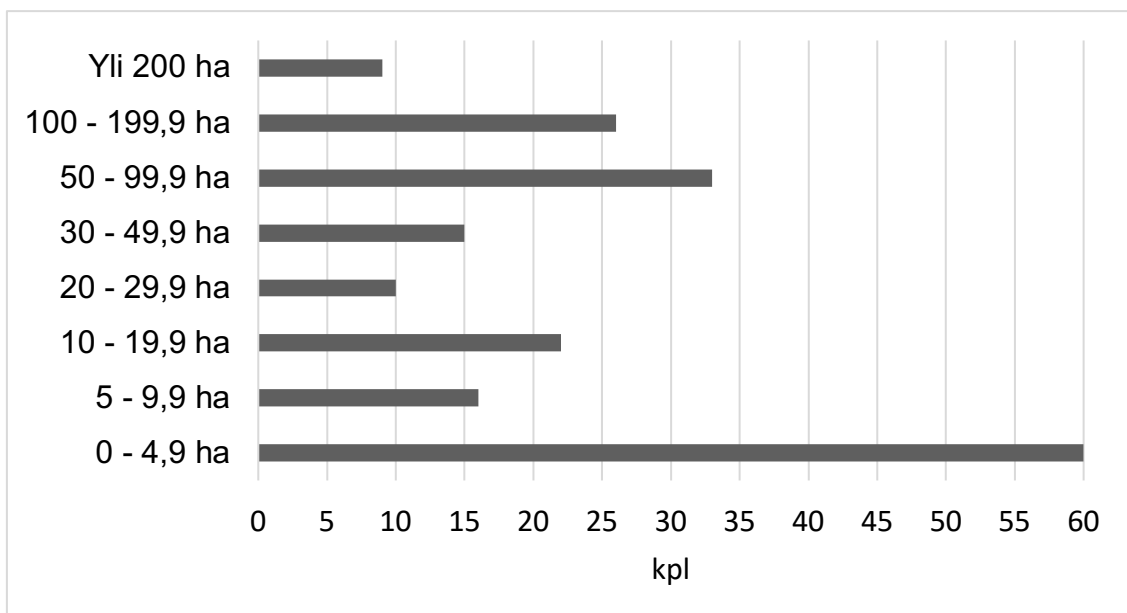
Kuva 6. Tutkimukseen vastanneiden tilojen sijainti maakunnittain tutkimukseen vastanneista tiloista (n= 191).

Eniten vastauksia saatiin hevosstalleilta, joita tutkimukseen osallistui 113 kappaletta. Niitä on Suomen Hippoksen mukaan 16 000 kappaletta Suomessa (Numminen 2016). Seuraavaksi eniten vastauksia saatiin lihantuotantotiloilta (kuva 7). Suomessa lihantuotantotiloja on Luken (2019) aineiston perusteella 3220 kappaletta.



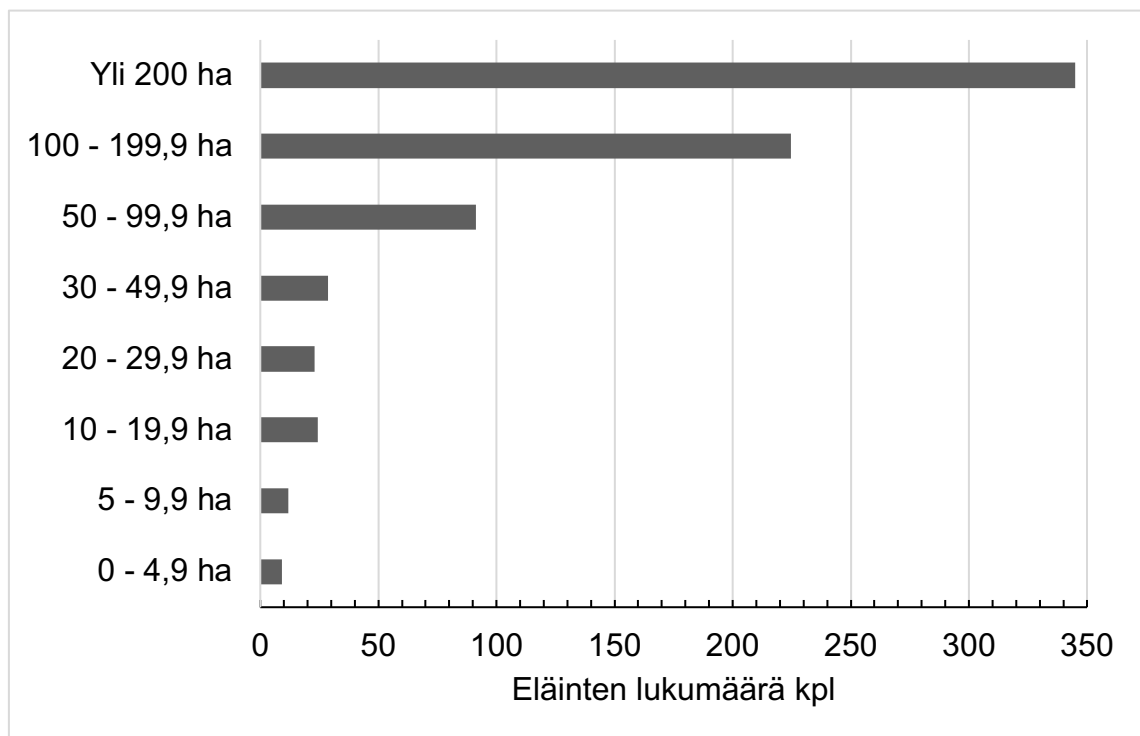
Kuva 7. Tutkimukseen osallistuneiden tilojen tuotantosuuntien mukainen jako. Vastanneita oli 223 kpl.

Kuvasta kahdeksan nähdään, että suurin osa tiloista oli pieniä alle 5 hehtaarin tiloja, joita oli koko aineistosta noin kolmannes. Seuraavaksi suurin ryhmä oli 50-99,9 hehtaarin tilat. Suomen nautakarjatilojen keskipeltopinta-ala 73,2 hehtaaria on tätä kokoluokkaa (Luke 2019).



Kuva 8. Tutkimukseen osallistuneiden tilojen peltopinta-ala. (n=191)

Eläinten lukumäärän keskiarvo myötäilee tilan peltopinta-alaa lukuun ottamatta 20-29,9 hehtaarin tiloja (kuva 9). Tilan pinta-alan kasvaessa eläinten lukumäärä kasvaa myös.



Kuva 9. Eläinten keskimääräinen lukumäärä peltopinta-alaan suhteutettuna. (n=191)

Kaikki tutkimukseen vastanneet käyttivät muoviin käärittyjä paaleja. Tilakoko ei merkittävästi vaikuttanut paalien kappalemääräiseen kulutukseen eläintä kohden (taulukko 1). Tutkimukseen vastanneista neljä ei tiennyt paalien vuosittaista kulutusta ja heidän vastauksensa jätettiin pois vertailusta.

Taulukko 1. Eläinten lukumäärä, paalien kokonaiskulutus ja paalien kulutus eläintä kohden vuodessa tutkimustiloilla.

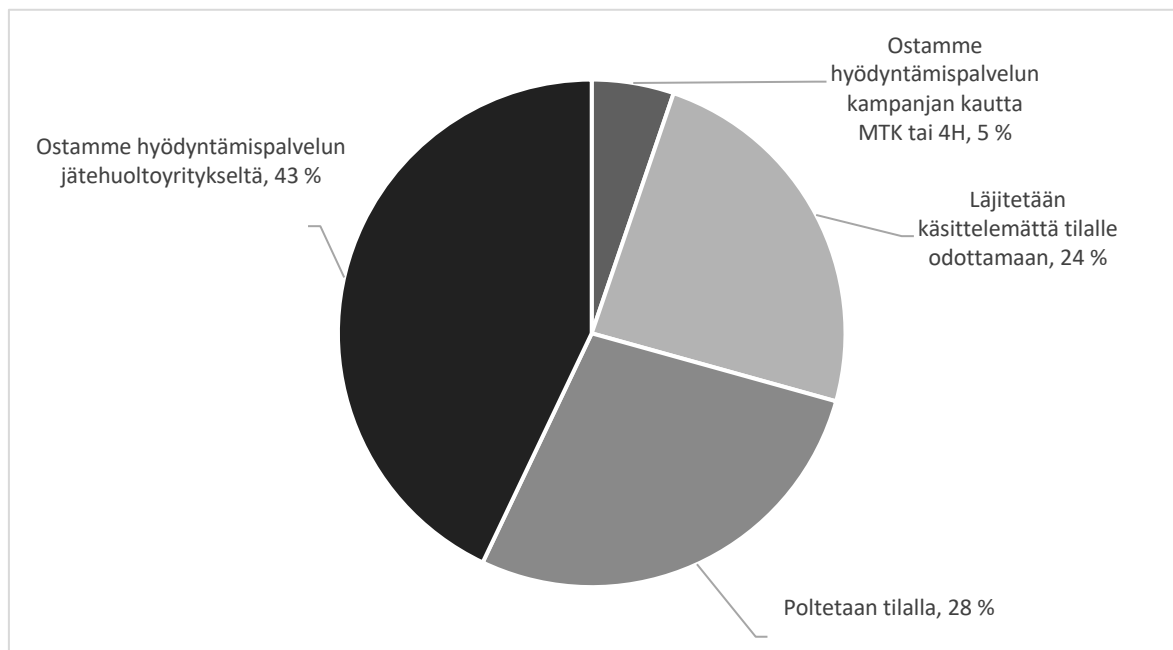
<u>Tilan pinta-ala</u>	<u>Eläinten luku- määrä</u>	<u>Paalien kulutus vuodessa</u>	<u>Paalia/eläin vuodessa</u>
0 - 4,9 ha	9	79	9
5 - 9,9 ha	12	67	6
10 - 19,9 ha	24	144	6
20 - 29,9 ha	23	107	5
30 - 49,9 ha	29	236	8
50 - 99,9 ha	91	724	8
100 - 199,9 ha	225	1243	6
Yli 200 ha	345	2064	6
		Keskiarvo	6,58
		Keskihajonta	1,49

Paalimuovin laatuun kiinnitti huomiota 57 prosenttia vastaajista. Laatuun huomiota kiinnittäneet tarkenisivat vastauksiaan kysymyksessä olevan vapaaseen kenttään. Tärkeimpinä ominaisuuksina pidettiin paalimuovin kestävyyttä ja liimaantuvuutta. Muita ominaisuuksia olivat muovin käyttökokemus, ulkonäkö, ultra-violettivalon kestävyys ja kotimaisuus.

Tutkimuksen mukaan käärintäkalvoa pyöritetään paalin päälle yleensä 6 – 8 kerrosta per paali ja vähintään 4 kerrosta. Kestävyyttä ja tuotteen säilyvyyttä pidettiin tärkeimpinä laadullisina tekijöinä. Kerrosten lukumäärä vaikuttaa vastaajien mukaan suoraan kääreen kestävyYTEEN ja rehun säilyvyyteen.

Paalimuovia on saatavilla Suomessa ainakin valkoisena, mustana, vaaleanvihreänä, tummanvihreänä ja sinisenä. Tutkimuksen mukaan suosituin väri oli valkoinen. Tutkimuksessa oli mukana myös vaaleanvihreän ja mustan muovin käyttäjiä.

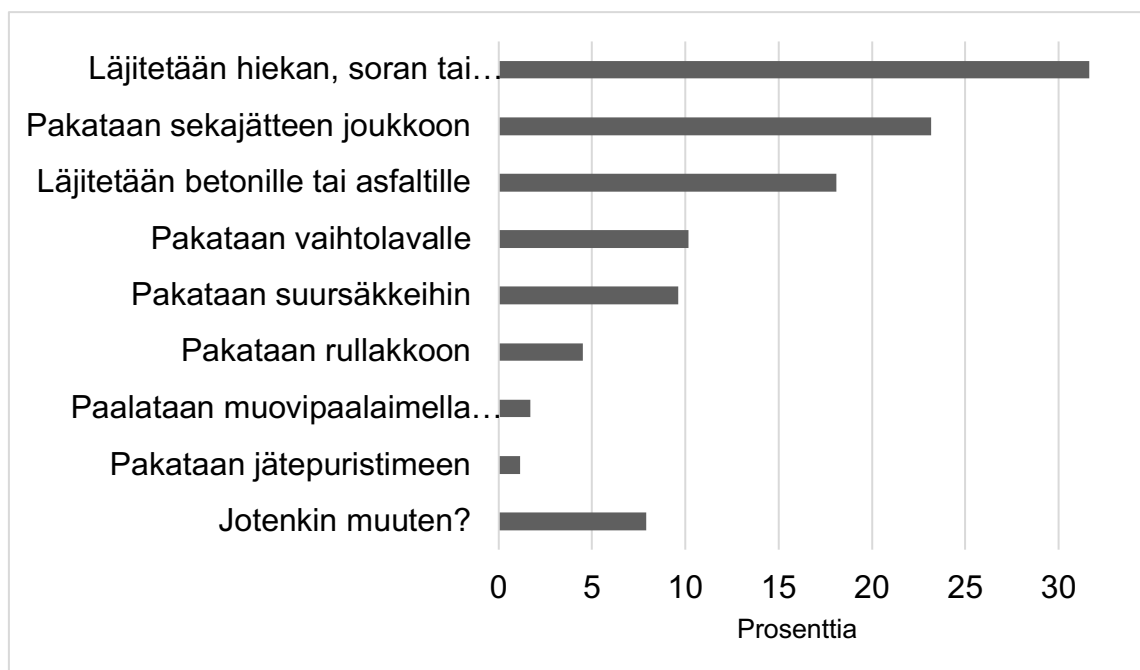
Tutkimukseen vastanneista 43 prosenttia osti hyödyntämispalvelun jätehuoltoyritykseltä (kuva 10). Muista 52 prosenttia käsitteli jättemateriaalin tilalla polttamalla tai läjittämällä. Maatalousmuovin kierrätykseen on ollut tarjolla kierrätyskampanjoita, joiden tarkoituksena on ollut tehostaa muovin kierrätystä ja asianmukaista käsittelyä. Kampanjat olivat lyhytkestoisia ja alueellisia. Kierrätyskampanjoihin osallistui vain 5 prosenttia vastaajista. Muovikalvoja poltettiin maataloilla tutkimuksen mukaan noin 1300 tonnia vuodessa. Sen seurauksena vapautui ilmakehään pienhiukkasia vuodessa noin 1,5 tonnia, Pienhiukkasten päästö Suomessa on 70 000 tonnia vuodessa (Syke 2018). Maatilojen muovijätteen poltosta aiheutuva pienhiukkaspäästö on siten 0,00002 % kokonaispäästöstä.



Kuva 10. Paalikäärejätteen käsittely syntypaikalla. Vastanneiden määrä 191 kpl.

Paaliverkot ja -narut ovat eri muovilaatua kuin käärintämuovi. Niitä ei voi kierrättää samassa mekaanisessa kierrätysprosessissa, koska ne eroavat ominaisuuksiltaan toisistaan. Tulosten perusteella 42 prosenttia vastaajista erotteli narut ja verkot käärintäkalvojätteestä.

Jätteen läjittäminen maataloilla suoraa maaperää vasten on yleisin tapa säilyttää muovijätettä (kuva 11). Lähes yhtä yleistä on jätteen yhdistäminen sekajätteen kanssa. Avoimeen kenttään saadut 29 vastausta käsiteltiin, ja niitä yhdistettiin soveltuvien osien saamaa tarkoitaviin valmiisiin vastauksiin. Muina paalimuovin säilytystapoina mainittiin katon alla säilyttäminen ja materiaalin polttaminen välittömästi. Näitä vaihtoehtoja ei kysymyslomakkeen laadintavaiheessa osattu ottaa huomioon.



Kuva 11. Käärintäkalvojätteen säilytys maataloilla. Vastaajien lukumäärä oli 191.

Tuottajavastuun ulottamista paalimuovijätteeseen kannatti 60 prosenttia vastaajista. Vastaajilta kysyttiin toivomuksia, miten paalimuovin kierrätys heidän mielestään tulisi hoitaa. Vastausten mukaan paalimuovia poltetaan käytännön syistä tiloilla, vaikka menetelmää ei pidetä hyvänä. Vastaajilta saatujen ehdotusten mukaan toivotaan esimerkiksi kunnan kierrätyspisteen yhteyteen yleistä keräyspaik-

kaa, jonne voisi toimittaa lajitellun muovin. Ongelmana oli usein pitkä kuljetusmatka lähimmälle vastaanottopisteelle. Ideana paalimuovin kierrätyksen järjestämiseen ehdotettiin pantin käyttöönottoa paalimuoville. Jätemuovikeräykselle toivottiin säännöllistä 3 – 6 kertaa vuodessa tapahtuvaa noutopalvelua. Muovin paa-lausta tiloilla edotettiin yhdeksi vaihtoehdoksi.



## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Tarkasteltaessa tuloksia vaikuttaa siltä, että Ahvenanmaan maakunnan tilojen lukumäärään on päätyntä virheellisesti tiloja muista maakunnista. Syyksi tähän oletan olevan sen, että Ahvenanmaa oli kyselylomakkeen ensimmäinen vaihtoehto. Vertailtaessa omaan tutkimukseeni osallistuneiden tilojen sijaintia maakunnittain Luken 2018 Maatalous- ja puutarhayritysten lukumääriin ELY-keskuksittain nähdään, että Ahvenanmaan osuus aineistossani oli yli 10 prosenttia suurempi kuin koko maata käsittelevissä tilastoissa. Vastauksissa Uudenmaan maakunnan tilat olivat tilamäärään nähden 7 % yliedustettuna ja Pohjanmaan tilat 7 % aliedustettuna.

Kuvassa 7 tuloksia sekoitti se, että vastaajilla oli mahdollisuus valita useampi tuotantosuunta. Tiloista 32 kappaletta ilmoitti useamman tuotantosuunnan. Saman tilan tulokset on käsitelty tuotantosuunnittain ja näin ollen kuvan 7 luvut perustuvat 223 vastaukseen. On normaalia ja tavanomaista, että samalla tilalla on useampi tuotantosuunta.

Hevostilat ovat usein harrastetiloja. Niiden pinta-alat ovat pieniä muihin tiloihin verrattuna ja niillä käytetään yleisesti muoviin pakattuja rehupaaleja. Rehua myydään yleisesti paaleissa, koska paaleissa rehu säilyy hyvin ja niiden kuljetaminen on helppoa. Suurilla tiloilla rehu käsitellään suurina massoina ja kuljetusmatkat ovat usein lyhyitä. Rehun varastointi rehumaahan tai vastaavaan suurvarastoon on silloin mahdollista ja kannattavaa.

Tilakokoluokassa 20–29,9 hehtaaria saatiin vain 10 vastausta, mikä voi vääristää tulosta, samoin tilakoossa yli 200 hehtaaria tiloja oli ainoastaan 9 kappaletta. Muissa kokoluokissa vastauksia saatiin huomattavasti enemmän.

Paalien kappalemääräinen käyttö eläintä kohti oli hyvin saman suuruista tilakoosta riippumatta. Hevostallit käyttivät jonkin verran ruokinnassa pieniä paaleja, minkä uskon näkyvän keskiarvoa suuremassa paalimäärässä alle 5 hehtaarin tiloilla.

## 7.1 Käärintäkalvomuovilta vaaditut ominaisuudet

Vastaajista 57 prosenttia kiinnitti huomiota muovin kestävyys- ja käsittelyominaisuuksiin, koska vastaajat sanoivat näiden ominaisuuksien vaikuttavan suoraan paalien sisällön laatuun. Kirjallisuudesta löytyi vastaavia tutkimustuloksia, joissa todettiin muovikerrosten lukumäärän suora yhteys rehun laatuun (Kervinen ja Suokas 1993).

Avoimista vastauksista ilmeni, että muovien käärintäominaisuudet vaihtelevat. Osa muoveista katkeilee ja hajoaa käärittäessä. Näitä ominaisuuksia pidettiin hyvin oleellisina laatutekijöinä. Muovin ympäristövaikutuksia ei mainittu vastauksissa muovin laatutekijänä.

Vastaajista 43 prosenttia ei kiinnittänyt huomiota paalimuovien laatuun, koska he oletettavasti ostivat paalit valmiina, eivätkä he voineet mielestään juurikaan vaikuttaa muovin laatuun. Toisaalta ostajat varmasti kiinnittivät huomiota rehun laatuun ja siihen muovin laadulla on selkeä vaikutus. Jatkotutkimuksissa on syytä selvittää paalauspalvelujen tuottajilta ympäristöseikkojen merkitys.

Vastaajista 17 prosenttia ei osannut sanoa paalimuovikerrosten lukumäärää joutuessa todennäköisesti siitä, että tiloille ostettiin palveluna paalien käärintä tai valmiit paalit. Erälinnan ja Järvenpään (2018) mukaan paalia kohden käärintämuovia käytetään 1,5 – 2,5 kg). Kerrosten lukumäärään vaikuttavat paalattava materiaali ja muovin todettu tai odotettu vaikutus rehun säilyvyyteen. Kuivakortin heinä tarvitsee vahvemman kääreen verrattuna säilöheinään, koska kuivat ja terävät korret rikkovat muovikalvon helposti. Keskiarvojen avulla laskettuna paalimuovia kuluu yhden eläimen rehuerää kohden 10 – 16 kilogramma vuodessa. Paaleista syntyy merkittävä jätemuovierä, jonka kierrättäminen ja hyödyntäminen olisi erittäin tärkeää. Pienillä alle 5 hehtaarin talleilla käärintämuovia kertyy vuodessa 100 – 200 kg, mikä tarkoittaa pienmuovipaalaimella paalattuna noin 2 – 5 jätemuovipaalia vuodessa (HSM 2019).

Paalimuovin väri vaikuttaa tuotteen laatuun. Valkoinen muovi kestää parhaiten ultraviolettivaloa (Erälinna ja Järvenpää 2018). Tutkimukseen vastanneet pitivät muovin väriä ulkonäkötekijänä. Väri vaikuttaa kalvon laatuominaisuuksien lisäksi materiaalin kierrätettävyyteen. Mekaanisen kierrätyksen tuloksena syntyvät granaulat saavat värinsä kierrätettyjen muovien väreistä, mikä vaikuttaa muovin käytettävyyteen jatkossa (Lehtonen ym. 2015).

## **7.2 Käärintämuovikalvojetteen käsittely tiloilla**

Yli puolet maatalouden kääremuovijätteestä käsiteltiin ympäristön kannalta epäasiallisesti. Asiallisesti käsitellystä 43 prosentin osuudesta ainoastaan 20 prosenttia päätyi kierrätykseen (Järvinen ja Saarinen 2016). Muovijätteen hallitsemattomassa poltossa ilmaan pääsee vaarallisia yhdisteitä, mikä heikentää ilman laatua ja on terveydelle vaarallista (Erälinna ja Järvenpää 2018). Muovin käsittelypalvelun ostamista jätehuoltoyrityksiltä pidettiin kalliina ja näin ollen muovin asiaton, melkein kustannukseton käsittely oli huomattavasti houkuttelevampaa. Osallistuminen maatalousmuovin keräyskampanjoihin oli vähäistä. Syynä vähäiseen osallistumiseen oli se, että MTK:n ja Fortumin noin kymmenen vuotta kestänyt kierrätyskampanja oli päätyvässä (Koivuniemi 2019). Uuden kierrätyskanavan löytyminen vei aikansa ja MTK tiedotti uudesta kumppanista 12.8.2019. Käyttäjät kokivat tiedotuksen olleen puutteellista, vaikka 2018 LiMuKe-hankkeen yhteydessä kierrätysohjeet päivitettiin vastaamaan maatalojen tarvetta (Erälinna ja Järvenpää 2018). LiMuKe-hankkeen tuloksiin verrattuna poltto oli lisääntynyt tiloilla. Tässä tutkimuksessa 28 prosenttia tiloista poltti muovin tilalla, kun LiMuKe-hankkeen tutkimuksessa 20 prosenttia vastanneista ilmoitti polttavansa muovia. Muutos voi johtua virheestä, mutta myös MTK:n keräyksessä tapahtuneesta katkoksesta ja nousseista vastaanottohinnoista. Nämä ovat tekijöitä, jotka helposti laskevat kynnyksestä polttaa muovia. Pohjois-Amerikassa Muise ym. (2016) on todennut vastaavia muovin polttoon ja säilytykseen liittyviä ongelmia. Toimivan ja kustannustehokkaan keräysjärjestelmän luominen jätemuoville on haasteellista, kun tarkastellaan muovijätteen säilytyksen tilaa tällä hetkellä.

Muovinpoltto maatiloilla aiheuttaa paikallisesti korkeita terveydelle haitallisia pienhiukkaspäästöjä, mutta Suomen kokkonaispienhiukkaspäästöstä se aiheuttaa vain noin 0,02 promillen osuuden. Päästöt ovat terveydelle vaarallisia, ne sisältävät raskasmetalleja ja PAH-yhdisteitä (Valavanidis ym. 2008). Muovin kierrätykseen päätyminen vähentäisi pienhiukkaspäästöjä ja materiaali pystyttäisiin kierrättämään ja hyödyntämään. Heikkolaatuinen jätemuovi tulee toimittaa asianmukaisesti jätteenpolttoon, jolloin ilmakehään vapautuvat hiukkaspäästöt ovat hallittuja.

### **7.3 Varastointi ja materiaalin laatu**

Aiemmissa tutkimuksissa on todettu, että maatalousmuovijätteen laatu on erittäin huono. Jäte on likaista ja sisältää maa-aine- ja rehujäämiä (Erälinna ja Järvenpää 2018). Sen sijaan kuluttajapakkausmuovin keräyksessä laatu on yllättänyt positiivisesti ja saapuneesta muovijätteestä on saatu kierrätettyä 60 prosenttia (Saarimaa 2017). Niillä maatiloilla, joilla paaliverkkoja ja -naruja eroteltiin käärintäkalvo-jätteestä, oli tietoa muovilaatujen lajittelun välttämättömyydestä.

Muovin varastointimenetelmiä ja niiden kustannuksia tulee tarkastella tulevissa tutkimuksissa. Muovin varastointi erilaissa katoksissa tai kylmissä varastorakennuksissa parantaa muovin laatua, mutta lisää samanaikaisesti käsittelykustannuksia. Kierrätykseen tulee saada korkeatasoista ja puhdasta raaka-ainetta. Muovin mekaanisessa kierrätysprosessissa muovi pestään vedellä, jolloin raaka-aine kastuu. Tällä hetkellä monet muovia keräävät yritykset säilyttävät muovikasat taivasalla. Hyöty kuivasta säilytyksestä tulee painoon perustuvasta kierrätys-hinnoittelusta. Kosteus muovitaitosten välissä lisää materiaalin painoa. Kaupan alalla ja teollisuudessa erilaisia pakkausmuovivirtoja käsitellään yleisesti paalamalla. Paalatuista, kirkkaista ja puhtaista muoveista maksetaan hyvityksiä laatu-kohtaisesti, jolloin kierrättäminen on erittäin kannattavaa. Tuloksissa on myönteistä se, että muovია paalattiin jo yksittäisillä maatiloilla. Arvioni mukaan paalaus on tulevaisuuden muovin käsittelymenetelmä. Samalla kun tilalle toimitetaan perustarvikkeita, voidaan paluurahtina kerätä muovipaalit kierrätykseen. LiMuKe-

hankkeen yhteydessä kerätystä datasta selvisi, että paalimuovijätteen säilytys koettiin haasteelliseksi, vain 35 prosenttia vastaajista ei kokenut säilytystä ongelmalliseksi (Erälinna ja Järvenpää 2018). Tutkimukseni tuki LiMuKe-hankkeen tuloksia. Tutkimukseen osallistuneista 50 prosenttia läjitti jätteet kasoihin, mikä on varmasti helpoin ratkaisu käyttäjän näkökulmasta, mutta samaan aikaan huonoin ratkaisu muovin kierrätykselle. Maahan läjitetty muovi kerää epäpuhtauksia ja muuttaa muotoaan kierrätysmateriaalista jätepolttoaineeksi. Pohjois-Amerikassa useimmat viljelijöistä eivät olleet halukkaita vastaamaan jätemuovien kuljetuksesta, mutta osa tutkittavista oli valmis osallistumaan pienessä määrin kustannuksiin (Muisse ym. 2016).

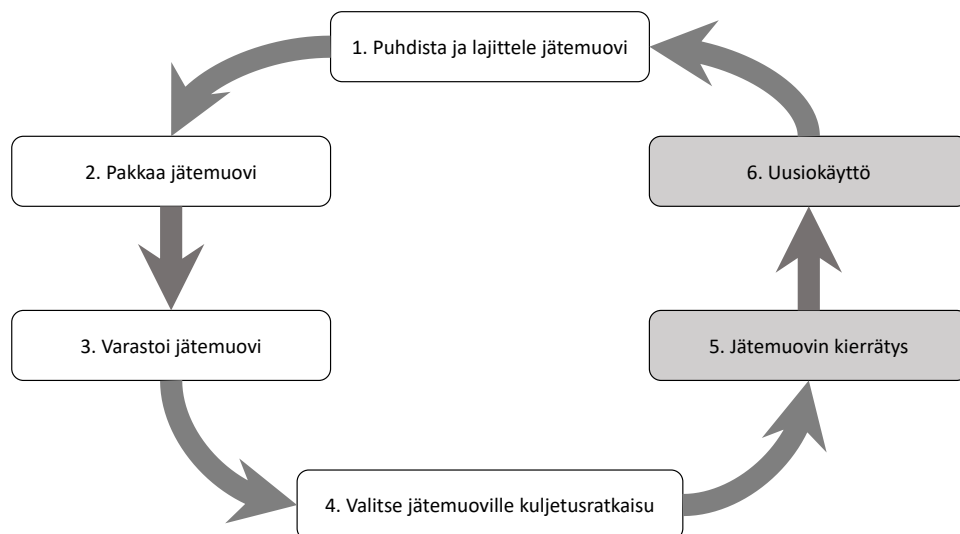
Tuottajavastuujärjestelmä, jossa muovin maahantuoja tai valmistaja veloitetaan vastaanottamaan jätemuovit, avaa varman muovijätteen kierrätystreitin. Verkko-kyselyn mukaan paalimuovin tuottajavastuujärjestelmälle olisi kannatusta. Ihan- netilanne olisi se, että puhdas syntypaikalla lajiteltu jätemuovi olisi niin arvokasta, että sille löytyisi ostajia kuten esimerkiksi pahvi- tai metallijätteelle. Hyvin lajitel- lusta ja puhtaasta jätemuovista toivottiin hyvitystä uusia muoveja ostettaessa. Vastaaviin tuloksiin päästiin kanadalaisissa tutkimuksissa (Muisse ym. 2016). Tär- keitä näkemyksiä oli kierrätyksen vaivattomuus, eikä siitä oltu valmiita maksa- maan (Muisse ym. 2016). Pullojen palautus- ja kierrätysjärjestelmää on ohjattu valtion taholta juomapakkausverolla. Veroa ei kerätä, jos valmistaja huolehtii juo- mapakkausten kierrätyksestä (Järvinen ja Saarinen 2016). Vastaava haittavero voisi kehittää paalimuovien kierrätykseen toimivan ja tehokkaan kierrätysmallin.

Jätemuovin kierrätyksen ongelmat ovat selkeitä ja vastauksista näkyi halu löytää ratkaisuja ongelmiin. Tilanne vaihtelee paljon alueellisesti tilojen sijainnin mu- kaan. Suurin osa kanadalaisista maanviljelijöistä oli sitä mieltä, että muovijätteen kierrätykseen täytyy löytää kestävä kehityksen menetelmä (Muisse ym. 2016). Jätemuovin kierrätyksen lisäksi on tutkittu sitä, kuinka muovin määrä paalia koh- den voidaan vähentää paalin muotoa optimoimalla (Stabkiewicz 2019).

## 8 Malli maatalousmuovin kierrättämisen

Maatalouden muovijätteen käsittelyongelmat eivät rajoitu ainoastaan Suomeen, vaan ongelmia esiintyy maailmanlaajuisesti (Muisse ym. 2016). Muovin käyttö ja merkitys maataloudessa kasvaa jatkuvasti. Toimivan kierrätysjärjestelmän rakentaminen on kestävä kehityksen ehto. Yhtenä työn tarkoituksista oli luoda malliehdotus käärintäkalvojen kierrätyksen järjestämiseksi Suomessa. Ehdottamani malli perustuu seuraaviin muovin käsittelyvaiheisiin.

Vastauksista ilmeni selkeästi, että paalausmuovin käsittelyyn ei ole olemassa helppoa, toimivaa ja kustannustehokasta mallia. Vastauksista muovin kuljetusta, varastointia ja lajittelua pidettiin suurimpina haasteina. Vastanneista yli neljännes poltti paalimuovia tiloilla, vaikka monet tiedostivat sen olevan laitonta. Kehittämäni malli (kuva 12) perustuu avoimista vastauksista saatuun tietoon sekä omaan kokemukseeni kierrätyksestä ja kuljetuksesta.



Kuva 12. Hankkeessa ideoitu muovin kierrätysmalli.

### 8.1 Jätemuovin puhdistaminen ja lajittelu

Paaleja purettaessa paalimuovin poisto tulee tehdä niin, että muovi pysyy mahdollisimman puhtaana. Poista muovi paalista kovalla puhtaalla alustalla ja poista

rehujäänteet muoveista huolellisesti. Lajittele paaliverkot ja narut erilleen muovikalvojätteestä. Lajittele muovit värien mukaan. Älä sekoita eri värisiä kalvoja. Tarkemmat lajitteluohjeet saat muovin kierrätyskumppaniltasi.

## **8.2 Jätemuovin pakkaaminen**

Käytännöllistä on pakata pienet muovierät siisteiksi rulliksi ja kerätä esimerkiksi rullakkoon, jolloin ne pysyvät puhtaina. Rullakosta ne on helppo siirtää esimerkiksi henkilöautolla lähimpään muovin vastaanottopisteeseen.

Kun muovia kertyy vuodessa yli tuhat kiloa, on sen pakkaaminen vaihtolavalle tai perävaunuun kannattavaa. Noutopalvelun on helppo kerätä muovit lavalta tai perävaunusta. Näin muovit pysyvät puhtaina. Pakkaa muovit niin, että ne eivät kerää kosteutta ja likaa, eivätkä vie turhaa tilaa.

Vaihtoehto vaihtolavavarastointiin on muovin paalaus. Paalaimia on erilaisia, mutta esittelen kaksi erilaista ja mielestäni hyvin maatalouskäyttöön soveltuvaa paalainmallia. Pienillä pystypaalaimilla (kuva 13) voidaan paalata 30 – 500 kg:n painoisia paaleja (Europress 2020). Paalit on suunniteltu käsiteltäväksi trukkilavoilla, ne ovat tiiviitä, helposti siirrettäviä ja varastoitavia. Tiiviisti pakatut, puhtaat muovipaalit eivät kerää jyräsiä (Erälinna ja Järvenpää 2018). Niitä voidaan kuljettaa myös kappaletavaran joukossa.

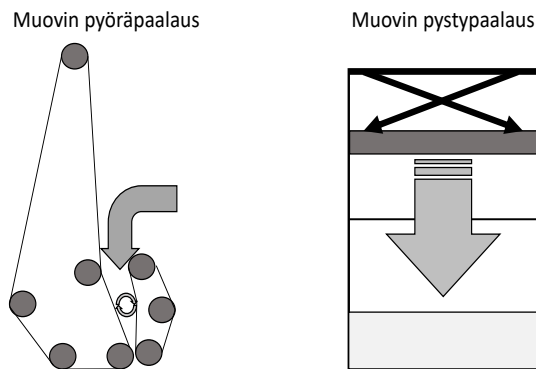


Kuva 13 Pystypaalain Europress Balex-10 ja Balex-30 Kuva: Lahtinen Viljami

Paalaaminen suoraan jätteen syntypaikalla edellyttää, että paalaimelle on tasainen alusta, sadesuoja ja sähkön syöttö. Muovi kannattaa paalata kääreiden poiston yhteydessä. Paalain tulisi sijoittaa niin, että poistettavat kääreet voidaan syöttää suoraan paalaimen.

Pienien määrien paalaukseen järkevimpiä laitteita ovat erilaiset pystypaalaimet (kuva 14), jotka tekevät joko kantti- tai pyöröpaaleja. Markkinoilla on erilaisia paalausratkaisuja. Pystypaalaimiin materiaali syötetään täyttöaukkoon männän alle, jonka jälkeen puristimen luukku suljetaan ja puristin käynnistetään. Mäntä puristaa materiaalin kammiossa paaliksi. Puristimen täytyessä mäntä jää alas paalin päälle, minkä jälkeen paalin koossa pysyminen varmistetaan vanteilla. Vanteet pujotetaan paalin ympäri ja solmitaan yhteen, minkä jälkeen mäntä nostetaan ylös, luukku avataan ja paali kipataan trukkilavalle laitteesta.





Kuva 14. Havainnekuva muovin pyöröpaalaus- ja pystypaalaustekniikasta (Europress 2002, 2020)

Paalauksen kustannukset koostuvat laite-, huolto-, sidonta- ja sähkökustannuksista. Tiedot perustuvat haastatteluun (Kimmo Jussila, Europress Group Oy, 21.2.2020). Pystypaalamet maksavat uutena 7000 eurosta ylöspäin. Laitteita tarjotaan myös leasing-sopimuksilla. Sopimuskausi on 72 kuukautta ja hinnat alkavat 100 €/kk ylöspäin. Käytettyjä, hyväkuntoisia maatalousmuoville soveltuvia paalaimia sai noin 2000 € eurolla.



Kuva 8. Käytetty muovin pyöröpaalain Welger RV 641. Kuva: Viljami Lahtinen

Pyöröpaalain paalaa pyöreitä käärintäkalvomuovipaaleja. Paalit painavat 30 – 35 kg ja ne voidaan pinota käsin trukkilavalle. Pyöröpaalaimen etuna on helppo kalvomuovien syöttö laitteeseen. Laite vetää kalvomuovin automaattisesti paalaimen sisään, joten muovia ei välttämättä tarvitse sulloa käsin männän ja luukun väliin.

Maatalousmuovin paalaaminen vaatii lisätutkimusta ja käytännön kokeita, jotta voidaan varmistua paalainten toimivuudesta, paalien kuljetettavuudesta kappaleitavaran joukossa sekä paalien soveltuvuudesta kierrätykseen. Muovin kierrätystoimijoiden kanssa täytyy valita tai kehittää paaleille soveltuvin vannemateriaali jatkojalostamisen helpottamiseksi. Paalaamisen ja muovin kierrätyksen kokonaiskustannuksia tulee tarkastella. Tehokas kuljetuslogistiikka edellyttää yhteistyökumppaneita, jotka olisivat valmiita yhdistämään paalien kuljetuksen pois maataloilta muihin kuljetuksiinsa.

### 8.3 Jätemuovin varastointi

Varastoi jätemuovi kovalla ja puhtaalla alustalla niin, ettei se pääse likaantumaan. Valitse varastointipaikka, niin että jäte voidaan kerätä nosturiautolla. Maan tulee olla kantavaa ja kuorma-auton tulee päästä aivan jätteen viereen.

Yli 1000 kilon erissä hyvä vaihtoehto muovin varastointiin on vaihtolava. Lavalla muovit pysyvät puhtaina. Jos lava on kannellinen, niin muovit pysyvät myös kuivina.

Muovipaaleja on helppo varastoida esimerkiksi trukkilavojen päällä. Pienet muovierät voidaan varastoida rullakossa, suursäkissä tai jäteastiassa. Suursäkkien purkaminen kierrätysasemilla on tällä hetkellä työlästä ja hankalaa, mutta toisaalta tyhjiä jätteen kierrätyskäyttöön soveltuvia suursäkkejä on tiloilla valmiiksi. Kierrätysasemilla tapahtuvaa käsittelyä tulee kehittää niin, että se soveltuu suursäkkeihin pakatulle materiaalille. Suursäkeissä muovin kuljettaminen helpottuu ja muovi pysyy puhtaana. Paalainvalmistajat voisivat kehittää paalausratkaisuja, jotka tukisivat suursäkeillä tapahtuvaa jätemuovin kuljetusta.

Kun jätemuovimäärä ylittää 5000 kiloa vuodessa, erilaiset jätepuristinratkaisut ovat toimivia. Esimerkiksi teollisuudessa muovijätteen vuosikertymä tulee olla vähintään 5000 kg, jotta sen kierrättäminen on kannattavaa.

### 8.4 Jätemuovin kuljetus

Kaikkien kierrätysasemien, joiden jätehuoltoalueella on käärintämuovijätettä tuotavia tiloja, tulee järjestää käärintäkalvomuovin erilliskeräys. Jos ei lainsäädännön avulla velvoiteta huolehtimaan keräyksestä, voisivat pienet tilat järjestää yhdessä oman keräyspisteen, jonne puhtaat kääremuovikalvojätteet voisi toimittaa. Oman kierrätyspisteen luominen vaatii tiloilta erittäin hyvää verkostoitumista ja paneutumista asiaan. Käytännössä toimivan kierrätyspisteen luominen voi olla erittäin vaikeaa. Pohjois-Karjalassa on laskettu maatalousmuovin kierrätyksen kuljetuskustannuksia (Tepponen 2019). Tutkimuksessa arvioitiin, että keräyskus-

tannusten kannalta olisi optimaalista järjestää muovien keräys täysperävaunuyhdistelmällä kolmen vuoden välein (Tepponen 2019). Keräyskustannus kuljettua tonnia kohden olisi tällöin 28 € (Tepponen 2019). Vuosittainen keräys kuorma-autolla tulee maksamaan 51 €/tn (Tepponen 2019).

Oman tutkimukseni perusteella muovin säilyttäminen tiloilla heikentää muovin kierrätettävyyttä. Arvioin, että pitkät keräysvälit kasvattaisivat ongelmaa ja heikentäisivät entisestään kierrätykseen saapuvan jätemuovin laatua. Puhtaan, paalattun jätemuovin kuljetusmahdollisuuksia tulee selvittää. Arvioideni mukaan paalattu muovi on helppo kuljettaa tiloilta kierrätyspisteisiin tiloille saapuvan erilaisen rahdin paluukuormina. Kuljetus tehostuu ja samaan aikaan kuljetuskustannukset jakautuvat eri toimijoiden kesken. Ajoneuvojen käyttöaste kasvaa, mikä parantaa kuljetusten ympäristötehokkuutta. Paalaaminen tuo tiloille lisäkustannuksia ja niitä on arvioitava ja tutkittava erikseen.

## **8.5 Jätemuovin kierrätys**

Ensisijaisen tärkeää olisi saada materiaali kerättyä tiloilta kierrätykseen, jotta se saataisiin hyödynnettyä. Maataloudessa syntyvän jätemuovin puhtaana pysyminen ja kierrätysraaka-aineiden korkea laatu tulee varmistaa hyvillä toimintamalleilla.

Kirjallisuuskatsaukseen perustuen jätemuovin mekaanisen kierrätyksen ohella on tärkeä kehittää kemiallista kierrätystä, jotta muovin energiahyödyntäminen saadaan vähenemään. Lainsäädäntöä tulee kehittää niin, että kemiallinen kierrätys hyväksytään myös kierrättämiseksi. Asiantuntijat arvoivat, ettei Euroopan unionin kierrätystavoitteisiin ole mahdollista päästä ilman kemiallisen kierrätyksen hyväksymistä (Roschier ym. 2019). Jos kemiallinen kierrätys hyväksytään kierrätykseksi, uhkana on mekaanisen kierrätyksen kilpailukyvyn heikkeneminen. Näkemykseni mukaan tällä hetkellä yksi muovin kierrätystä hidastavasti tekijöistä on kemiallisen kierrätyksen yleistymisen jarruttaminen. Kemiallisen kierrätyksen hyötysuhde saattaa jäädä mekaanista kierrätystä matalammaksi, mitä pidetään ongelmana (Roschier ym. 2019).

## **8.6 Uusiokäyttö**

Kierrätetyistä raaka-aineesta valmistettujen uusiomuovien käyttö on yleistynyt ja alalla on hyvät kasvunäkymät, koska poliittisilla päätöksillä tuetaan kierrätysteollisuutta ja ilmastostrategiaa. Ensimmäisiä kierrätetyistä materiaaleista valmistettuja maatalouden käärintäkalvoja on jo tarjolla.

Kierrätysmuovien yleistymisen esteenä ovat usein laadulliset riskit. Kierrätysmateriaalien sisältämiä vierasaineita voi olla vaikea tunnistaa ja ne voivat pilata paa-liin käärityt rehut. Kalvomuovijätteen tuottajien vastuu jätemuovin puhtaudesta tulisi ottaa vakavasti, jotta uusiomateriaalit olisivat laadukkaita ja turvallisia.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maatalouden muovijätteiden käsittely ei nykyisellään vastaa EU:n asettamia ympäristötavoitteita. Maataloudessa osa jätemuovista käsitellään laittomilla menetelmillä polttamalla tai läjittämällä muovia kasoihin. Tähänkin tutkimukseen vastanneista yli puolet käsitteli muovijätteensä epäasiallisesti. Syynä voidaan pitää muovijätteen kierrätyksen haasteellisuutta ja puutteellista infraa.

Kierrättämisen kehittymistä varten laadittiin malliehdotus toimivasta kierrätysjärjestelmästä. Mallissa muovijätteen laatu ja sen tarvitsema logistiikka otettiin kehittämisesä tärkeimmiksi lähtökohdiksi, koska niihin liittyvistä ongelmista saatiin tutkimuksessa palautetta.

Maataloudessa tulee hyödyntää muilla toimialoilla käytössä olevia hyväksi todettuja kierrätysratkaisuja, ja soveltaa niitä maatalousympäristöön. Alan toimijoilta löytyy halukkuutta kehittää kierrättämistä, mutta sen tulee olla käytäntöön helposti sovellettavissa. Kierrätettävän raaka-aineen laatu ja puhtaus paranevat, jos kierrätykseen toimitettavasta raaka-aineesta maksettaisiin, kuten muussa teollisuudessa kerätystä muovista.

Kirjallisuuskatsauksessa kemiallista kierrätystä pidetään hyvänä menetelmänä. Kemiallisen kierrätyksen mahdolliseksi tekemästä EU-lainsäädännöstä johtuen muovia joutuu liikkaa jätevoimalaitosten polttoaineeksi, vaikka muovin voisi hyödyntää kemiallista kierrättämistä hyväksikäyttäen. Muovin mekaaninen kierrätys on kehittynyt voimakkaasti useilla eri toimialoilla, mutta maataloudessa kalvo-muovin mekaaniseen kierrättämiseen liittyy kehitettävää. Suurimmat haitat ja haasteet aiheuttaa maataloudesta syntyvän muovijätteen epäpuhtaudet. Mekaanista kierrätystä jarruttaa myös muovin kierrätyksen rajallisuus. Muovia ei ole mahdollista kierrättää mekaanisesti rajattomasti, kuten kemiallisessa kierrätysprosessissa. Mekaanista kierrättämistä edesauttaa sen parempi hyötysuhde kemialliseen kierrätykseen verrattuna.

## 10 LÄHTEET

- Al-Salem, S., Lettieri, P., Baeyens, J., 2010. The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: From re-use to energy and chemicals. *Progress in Energy and Combustion Science*. Vol.36(1), **sivut 103-129**
- Briassoulis, D., Hiskakis, M., Babou, E., 2013. Technical specifications for mechanical recycling of agricultural plastic waste. *Waste Management*. Vol.33(6), **sivut 1516-1530**
- Briassoulis, D., Hiskakis, M., Babou, E., Antiohos, S., Papadi, D. 2012. Experimental investigation of the quality characteristics of agricultural plastic wastes regarding their recycling and energy recovery potential. *Waste Management* June 2012, Vol.32(6), **sivut 1075-1090**
- Coblentz, W., Ogden, R., Akins, M., Chow, E., 2016. Storage characteristics, nutritive value, and fermentation characteristics of large, round bales of alfalfa–mixed grass forage wrapped with different layers of stretch film. *The Professional Animal Scientist* December 2016, Vol.32(6), **sivut 805-815**
- Dwight, A. Holtzen, A. Austin, H. Reid, J. 2004. Coloring of plastics: Fundamentals Titanium Dioxide Pigments Chapter 10. Robert A. Charvat **sivut 146-157**
- Dyer, K., 2019. Muovin kierrätystehdas Tuorilassa aikoo aloittaa toimintansa jo tammikuussa – toistakymmentä uutta työpaikka tiedossa. Merikarvialle. Satakunnan kansa.
- Erälinna, L., Järvenpää, A. 2018. Maatalousmuovijätteen keräys ja kierrätys. Turun yliopisto, HAMK Saatavissa: [https://issuu.com/limuke.raportti/docs/limuke\\_final-eng](https://issuu.com/limuke.raportti/docs/limuke_final-eng) viitattu 11.11.2019
- Eroopan komissio 2018. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle ja alueiden komitealle. EU:n strategia muoveista kiertotaloudessa. Strasbourg 16.1.2018

- Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H., Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. Arvi Material Value Chains <https://www.syke.fi/download/noname/%7B5903968F-2B4E-4BEA-BC45-099C7D210D36%7D/117935> viitattu 19.11.2019.
- Europress 2020. Balex Paalaimet <https://europressgroup.com/fi/balex-paalaimet/> viitattu 22.2.2020
- Garthe, J., Miller, B., 2006. Burning High-Grade, Clean Fuel Made from Low-Grade Used Agricultural Plastics. 21st International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, PA (USA), 26-29 Mar 2006.
- Ghernouti, Y., Rabehi, B., Safi B., Chaid, R., 2014. Use of recycled plastic bag waste in the concrete. University M'Hamed Bougara of Boumerdes [https://www.researchgate.net/profile/Brahim\\_Safi/publication/281272803\\_Use\\_of\\_recycled\\_plastic\\_bag\\_waste\\_in\\_the\\_concrete/links/55dddca308ae7983897d0967.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Brahim_Safi/publication/281272803_Use_of_recycled_plastic_bag_waste_in_the_concrete/links/55dddca308ae7983897d0967.pdf) viitattu 11.12.2019
- HSM 2019. HSM HmbH + Co. KG. Vertical Baling Presses. HSM V – Press 60. <https://eu.hsm.eu/en/product-range/compressing/vertical-baling-presses/32/hsm-v-press-60?c=11> viitattu 4.12.2019
- Järvinen, P., Saarinen, E., 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Kustantaja Bookwell Oy. Muovifakta Oy
- Kalargaris, I., Guohong, T., Gu, S. 2016. Combustion, performance and emission analysis of a DI diesel engine using plastic pyrolysis oil. Fuel Processing Technology, Vol.157, **sivut108-115**
- Kervinen, J. Suokas. A. 1993. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. Vakolan tutkimusselostus 64 Maatalouden tutkimuskeskus. **sivut 34-36**
- Kiertoasuomesta.fi 2019. MTK, SLC. Marko Mäki-Hakola <https://kiertoasuomesta.fi/fi/muovit-kiertoon> viitattu 5.12.2019
- Kiviranta, T. 2019. MTK:n jäsenille uusi maatalousmuovien kerääjä. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/tilaajille-7.140698?ald=1.486763> viitattu 17.12.2019



- Koivuniemi, M., 2019. Fortum tarjoaa maataloille kestäviä ratkaisuja. Saatavilla <https://www.fortum.fi/media/2018/03/fortum-tarjoaa-maataloille-kestavia-ratkaisuja> viitattu 5.12.2019
- Kumar Awasthi, P., Gaikwad, A. 2017. Comparison of power output`s of different blends of pyrolysis plastic oil & diesel with pure diesel on single cylinder 4-s (VCR) diesel engine. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development 31 December 2017, Vol.7(6), **sivut 255-262**
- Lahtinen, J., 2019. Thermolysis of plastic waste in bench- scale fluidized-bed reactor. Metropolia University of Applied Sciences.
- Lakeuden ympäristöhuolto Oy 2019 <http://www.lakeudenymparistohuolto.fi/jate-materiaali/materiaalien-vastaanotto/> viitattu 4.12.2019
- Lehtonen, S., Wiik, C., Nurmi, V., Koivuniemi, M. 2015. Loppuraportti: Orgaanisia epäpuhtauksia sisältävien teollisten kalvomuovien pesukokeilu ja kierrätys prosessin kehitys. Ekokem
- Luke taloustohtori 2019. Maa- ja puutarhatalous -palvelu. Aineisto Luke kannattavuuskirjanpitotulokset.
- Malkow, T., 2004. Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. Waste Management 2004, Vol.24(1), **sivut 53-79**
- Milions, L., 2018 Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix. Sustainability Science 2018-05, Vol.13(3), **sivut 861-878**
- Muise, I., Adams, M., Côtê, R., Price, G. 2016. Attitudes to the recovery and recycling of agricultural plastics waste: A case study of Nova Scotia, Canada Resources, Conservation and Recycling 1 May 2016, Vol.109, **sivut 137-145**
- Murto, P., 2018. Tulevaisuuden mitat ja massat & ajankohtaista lainsäädännöstä. Skal ADR-seminaari. [https://www.skali.fi/sites/default/files/sisaltosivujen\\_tiedostot/murto\\_adr\\_seminaari\\_2018.pdf](https://www.skali.fi/sites/default/files/sisaltosivujen_tiedostot/murto_adr_seminaari_2018.pdf) viitattu 17.12.2019

- Niittymaa, V., 2017. Paalimuoviongelman ratkaisijaksi toivottu Pohjanmaan Muovikierrätys lopetti toimintansa. Maaseudun tulevaisuus. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/paalimuoviongelman-ratkaisijaksi-toivottu-pohjanmaan-muovikierrätys-lopetti-toimintansa-1.199878> viitattu 15.12.2019
- Numminen, P., 2016. Hevostalos lukuina 2016. Saatavilla [http://www.hippos.fi/files/17847/Hevostalous\\_lukuina\\_2016\\_lopullinen.pdf](http://www.hippos.fi/files/17847/Hevostalous_lukuina_2016_lopullinen.pdf) viitattu 2.12.2019
- Numminen, P., 2018. Hevoustalous lukuina 2017. Saatavilla [https://www.hippos.fi/files/21599/Hevostalous\\_lukuina\\_2017\\_lopullinen.pdf](https://www.hippos.fi/files/21599/Hevostalous_lukuina_2017_lopullinen.pdf) viitattu 18.1.2020
- Oasmaa, A 2019. Nopea pyrolyysi -biomassan konversio bioöljyksi. Saatavilla:<https://www.vtt.fi/palvelut/biotalous/nestemäiset-biopolttoaineet1/toisen-sukupolven-biodiesel/nopea-pyrolyysi-biomassan-konversio-bioöljyksi> viitattu 16.2.2020
- Ojanperä, M., 2019. MTK uudistaa valtakunnallisen maatalousmuovien keräyspalvelun. Saatavilla <https://www.mtk.fi/-/mtk-uudistaa-valtakunnallisen-maatalousmuovien-keräyspalvelun> viitattu 5.12.2019
- PlasticsEurope Plastics 2019. PlasticsEurope Plastics – the Facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data. [https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL\\_web\\_version\\_Plastics\\_the\\_facts2019\\_14102019.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf) viitattu 17.12.2019
- Punkkinen, H., Teerioja, N., Merta, E., Moliis, K., Mroueh, U., Ollikainen, M., Pyrolyysin potentiaali jätemuovin käsittelymenetelmänä. VTT
- Rentizelas, A., Shpakove, A., Masek, O., 2018. Designing an optimised supply network for sustainable conversion of waste agricultural plastics into higher value products. Journal of Cleaner Production 10 July 2018, Vol.189, **sivut 683-700**
- Roschier, S., Mikkola, J., Värre, U., Saario, M., Gaia Consulting Oy . 2019. Muovijätteen kemialliset hyödyntämisratkaisut ja -markkinat kiertotaloudessa Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2019:64.

- Saarimaa, K. 2017. Muovipakkaus jätteen laatu yllätti. Uusiouutiset 31.3.2017
- Saarinen, E. 2020. Suomi pyrkii kärkeen kemiallisessa kierrätyksessä Uusiouutiset 1/2020
- Serrano, D., Aguado, J., Escola, M., Gragorri, E., Rodríguez, J., Morselli, L., Pallazzi, G., Orsi, R., 2004. Feedstock recycling of agriculture plastic film wastes by catalytic cracking. Waste Management Volume 32, Issue 6, June 2012, **sivut 1075-1090**
- Sherrington, C., Darrah, C., Watson, S., Winter, J. 2017. Leverage Points for Reducing Single-use Plastics. Eunomia. <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/leverage-points-for-reducing-single-use-plastics-background-research/> viitattu 19.11.2019
- Siddique, R., Khatid, J., Inderpreet, K. 2007. Use of recycled plastic in concrete: A review. Waste Management 2008, Vol.28(10), **Sivut 1835-1852**
- St1 2019. Ryhdy etanoliautoiljaksi <http://etanoliautoiljaksi.fi> vitattu 7.12.2019
- Stabkiewicz, A., 2019 Optimal and Robustly Optimal Consumption of Stretch Film Used for Wrapping Cylindrical Baled Silage <file:///Users/I-palkki/Downloads/Optimal-and-robustly-optimal-consumption-of-stretch-film-used-for-wrapping-cylindrical-baled-silage2019Agriculture-SwitzerlandOpen-Access.pdf> viitattu 17.12.2019
- Syke 2018. Suomen hiukkaspäästöt. ymparisto.fi [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Ympariston\\_tilan\\_indikaattorit/Ilman\\_epapuhtaudet/Suomen\\_hiukkaspaaastot\(28647\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilman_epapuhtaudet/Suomen_hiukkaspaaastot(28647)) viitattu 18.12.2019
- Tepponen, J. 2019. Maatalousmuovin keräyksen kuljetuskustannukset ja keräyksen kustannustehokkuuden parantaminen Pohjois-Karjalassa. Yhteiskunta- maantieteen Pro gradu -tutkielma.
- Trioplast 2019. Lehdistötiedote 10.12.2019 Maailman ensimmäinen kierrätysmateriaalista valmistettu kääsrintäkalvo on täällä. <https://www.trioplast.com/fi/media/uutiset/2019/maailman-ensimmainen-kierratysmateriaalista-valmistettu-kaarintakalvo-on-taalla/> viitattu 16.12.2019

- Turku, I., Kärki, T., Rinne, K., Puurtinen, A. 2017. Characterization of plastic blends made from mixed plastics waste of different sources. Waste Management & Research February 2017, Vol.35(2), **Sivut 200-206**
- Valavanidis, A., Iliopoulos, N., Gotsis, G., Fiotakis, K., 2008. Persistent free radicals, heavy metals and PAHs generated in particulate soot emissions and residue ash from controlled combustion of common types of plastic. Journal of Hazardous Materials 2008, Vol.156(1), **sivut 277-284**
- Valtioneuvosto 2011. Julkaistu 17.6.2011 Jätelaki Tuottajavastuu <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=tuottajavastuu> viitattu 6.12.2019
- Valtioneuvosto 2013. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta. 151/2013 Julkaistu 14.2.2013 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151> viitattu 6.12.2019
- Valtioneuvosto 2013. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista § 53. Julkaistu 2.5.2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331> viitattu 6.12.2019
- Verma, R., Vioda, S., Papireddy, m., Gowda, S., 2016. Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. Procedia Environmental Sciences 2016, Vol.35, **sivut 701-708**
- Ympäristö.fi 2013. 27.8.2013 Päivitetty 17.9.2019 Pakkausten tuottajavastuu. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Jatteet\\_ja\\_jatehuolto/Tuottajavastuu/Pakkaukset](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Jatteet_ja_jatehuolto/Tuottajavastuu/Pakkaukset) viitattu 17.12.2019

# 11 LIITTEET

## LIITE 1

E-lomake - Maatalouden paalausmuovin käsittely tiloilla

14.3.2020 10.51



### Maatalouden paalausmuovin käsittely tiloilla

Olen Viljami Lahtinen ja opiskelen maatalous- ja metsätieteitä. Olen agroteknologian pääaineopiskelija ja teen pro gradutyötä. Pro gradu tutkielmani käsittelee maatalouden paalausmuovien kierrätystä ja hävittämistä Suomessa. Oheisen lomakkeen avulla pyrin selvittämään käytettyjen paalausmuovikalvojen käsittelyn nykytilannetta. Vastaamalla oheiseen lomakkeeseen saamme arvokasta tietoa nykytilanteesta ja suunta viivoja sen edelleen kehittämiseksi. Muistathan tallentaa lopuksi vastauksesi tallenna-painikkeesta!

#### TILAN PERUSTIEDOT

\* Missä maakunnassa tila sijaitsee?

Ahvenanmaa

#### Tilan tuotantosuunta?

- ☐ Maito  
☐ Liha  
☐ Hevoset  
☐ Heinä  
☐ Jokin muu?

Jos tuotantosuunta jokin muu, niin mikä?

Tilan koko

0-4,9 ha   5-9,9 ha   10-19,9 ha   20-29,9 ha   30-49,9 ha   50-99,9 ha   100-199,9 ha   Yli 200 ha

\* Pelto pinta-ala? ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

?

Eläinten lukumäärä tilalla?

Lukumäärä (kpl)

Kyllä   Ei

\* Käytättekö tilalla muoviin käärittyjä paaleja? ☐ ☐

#### PAALIMUOVIN KÄYTTÖ TILALLA?

Kuinka monta muoviin käärittyä paalia käytätte keskimäärin vuodessa?

Paalien lukumäärä (kpl)

Kyllä   Ei

\* Kiinnitättekö huomiota paalimuovin laatuun? ☐ ☐

Mihin tekiöihin kiinnitätte huomiota muovin laadussa?

- \* Kuinka monta kerrosta muovia on yleisesti käyttämissänne paaleissa? ☐ 2 kerrosta  
☐ 4 kerrosta  
☐ 6 kerrosta  
☐ 8 kerrosta  
☐ 10 kerrosta

☐ En tiedä kuinka monta kerrosta muovia on paalissa

Käytetyn paalimuovien väri

\* Minkä väristä paalimuovia käytätte eniten?

- ☐ Valkoinen  
☐ Musta  
☐ Vaaleanvihreä  
☐ Tummanvihreä  
☐ Sininen

\* Miten käsittelette paalimuovikääreistä syntyvän jätteen?

- ☐ Ostamme hyödyntämispalvelun jätehuoltoyritykseltä  
☐ Ostamme hyödyntämispalvelun kampanjan kautta MTK tai 4H  
☐ Poltetaan tilalla  
☐ Lajitetaan käsittelemättä tilalle odottamaan

Paaliverkot ja narut

\* Lajittelitekko paaliverkot ja narut erikseen paalien muovikalvo-jätteestä? ☐ Kyllä  
☐ Ei

Paalijättemuovien säilytys tilalla

\* Miten säilytätte paaleista peräisin olevan jätemuovin tilalla?

- ☐ Lajitetaan hiekan, soran tai saven päälle  
☐ Lajitetaan betonille, kivetykselle tai asfaltille  
☐ Pakataan vaihtolavalle  
☐ Pakataan jätipuristimeen  
☐ Pakataan suursäkkeihin  
☐ Paalataan muovipaalaimella trukkilavalle  
☐ Pakataan sekajätteen joukkoon  
☐ Pakataan rullakkoon  
☐ Jotenkin muuten, miten?

Jotenkin muuten, miten?

#### KEHITYSEHDOTUKSIA JA TOIVEITA

\* Olisitko valmis siihen, että maatalousmuovikalvojen myyjät sitoutettaisiin vastaanottamaan ja kierrättämään käytetyt muovikalvot?

- ☐ Kyllä, jolloin uuden kalvon hintaan sisältyisi käytetyn kalvon kierrätysmaksu.  
☐ En, maksan kierrätyksestä mielummin erikseen.

Miten toivoisitte paalimuovien kierrätyksen hoidettavan?

#### TIETOJEN LÄHETYS

Tallenna

Kiitos vastauksistanne!

E-lomake - Maatalouden paalausmuovin käsittely tiloilla

14.3.2020 10.53

[viljami.lahtinen@helsinki.fi](mailto:viljami.lahtinen@helsinki.fi)

© *Eduix Oy*